149

dicembre 2013

# Bollettino della Associazione Italiana di Cartografia

# Bollettino della Associazione Italiana di Cartografia

## Periodico quadrimestrale

**Editore**
Associazione Italiana di Cartografia
Autorizzazione del Tribunale di Firenze n. 1564 del 30/12/1964



Le norme redazionali sono pubblicate sul sito AIC: http://www.aic-cartografia.it/sito/

Gli articoli inviati al Bollettino vengono sottoposti, in forma anonima, al giudizio di due o più *referees*.



Gli articoli referati sono contrassegnati dal logo 


Questo volume è stato realizzato con il contributo di:
A.S.I.T.A. – Federazione Italiana delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali

Opera sottoposta a *peer review* secondo il protocollo UPI – University Press Italiane

**Impaginazione e stampa**
EUT – Edizioni Università di Trieste
Via Weiss, 21 – 34128 Trieste
http://eut.units.it
https://www.facebook.com/EUTEdizioniUniversitaTrieste

Bollettino della
Associazione
Italiana di
Cartografia

## SOMMARIO

# L'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI CARTOGRAFIA E IL SUO *BOLLETTINO*. CINQUANTA ANNI DI VITA E DI STORIA CARTOGRAFICA

# *THE ITALIAN ASSOCIATION OF CARTOGRAPHY AND ITS* BULLETIN. *FIFTY YEARS OF LIFE AND CARTOGRAPHICAL HISTORY*

**Giuseppe Scanu***

**Riassunto**
In occasione del cinquantenario della fondazione dell'Associazione Italiana di Cartografia, viene fatto il punto sull'evoluzione della cartografia con i mutamenti, le innovazioni e le trasformazioni più significative dell'intera filiera che hanno visto la graduale affermazione del formato digitale a scapito di quello tradizionale. Viene segnalato il crescente interesse scientifico nei confronti del Bollettino dell'AIC, da sempre osservatore privilegiato dei processi legati alla produzione, alla diffusione e all'utilizzo della carta, fino alla recente affermazione di rivista qualificata per la ricerca scientifica italiana.
***Parole chiave:*** Associazione Italiana di Cartografia, Bollettino dell'AIC, evoluzione cartografica

***Abstract***
*On the occasion of the fiftieth anniversary of the founding of the Italian Association of Cartography, we want to define he evolution, changes and innovations occurred in Cartography studies and instruments in this last fifty years. The most significant transformations of the entire sector have been the gradual emergence of the digital format at the expense of traditional map. The increasing scientific interest in the AIC Bulletin is pointed out. This review has always been the privileged observer of the processes related to the production, diffusion and use of the map, until the recent achievement as a qualified journal for the Italian scientific research.*
**Key words:** *Italian Association of Cartography, AIC Bulletin, Cartographical development*

## Cinquant'anni di Associazione

Il 14 febbraio del 1963 a Firenze, presso l'Istituto Geografico Militare dove ancora oggi ha la sua sede legale, su iniziativa dell'allora Comandante, il Maggiore Generale Carlo Traversi, con la collaborazione del Prof. Manlio Castiglioni (Direttore del Touring Club Italiano), del Dott. Umberto Bonapace (dell'Istituto Geografico De Agostini), del Prof. Aldo Sestini (dell'Università di Firenze) e dell'Ing. Gian Piero Le Divelec (E.I.R.A., società di aerofotogrammetria), venne sottoscritto l'atto fondativo dell'As-

* Presidente dell'Associazione Italiana di Cartografia – Dipartimento di Storia, Scienze dell'Uomo e della Formazione, Università di Sassari, P.zza Conte di Moriana 8, 07100 Sassari, tel. 079 229636, fax 079 229680, e-mail, gscanu@uniss.it.

sociazione Italiana di Cartografia: una libera associazione tra persone, istituzioni ed enti, interessati alla produzione, conoscenza e divulgazione della cultura cartografica e alla ricerca scientifica sulla cartografia e con la cartografia, "espressione delle moderne esigenze della cartografia e della nuova coscienza cartografica italiana" (Traversi, 1968, p.7).

Esattamente due anni prima, il 2 febbraio del 1960, era stata emanata la legge n. 68 recante "Norme sulla cartografia ufficiale dello Stato e sulla disciplina della produzione e dei rilevamenti terrestri e idrografici", pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 52 del successivo 1 marzo. L'articolo 1 dichiarava Organi cartografici dello Stato l'Istituto Geografico Militare, l'Istituto Idrografico della Marina, la Sezione fotocartografica dello Stato Maggiore dell'Aeronautica, l'Amministrazione del catasto e dei servizi tecnici erariali, il Servizio geologico. Non a caso la fondazione dell'Associazione Italiana di Cartografia avvenne all'esordio del riconoscimento ufficiale dei 5 organi cartografici con legge dello Stato, i cui Direttori sarebbero poi divenuti membri di diritto del neonato Consiglio Direttivo e che tra i soci promotori figurassero le personalità più autorevoli, pubbliche e private, del mondo della cartografia italiana per le quali era naturale l'esigenza di avere

legittimazione scientifica e culturale dell'attività posta in capo a queste istituzioni attraverso una voce ufficiale come il "Bollettino dell'AIC", la cui edizione venne decisa a cadenza trimestrale. Il Bollettino si è da subito proposto come strumento idoneo per promulgare l'informazione sulle produzioni cartografiche e voce della cultura della carta attraverso l'animazione del dialogo con i Soci, allora non certo numerosi, ma via via in crescita, chiaramente e fortemente motivati, provenienti dalle diverse specializzazioni delle quali si componeva la filiera cartografica, oppure semplici cultori o lettori appassionati, ma anche studiosi e ricercatori.

La produzione di carte, all'epoca della nascita dell'Associazione, com'è noto, era dovuta pressoché totalmente all'attività degli organismi statali per quanto riguarda quelle tecniche e operative, oppure ad alcune grandi aziende (Touring Club Italiano, De Agostini, Vallardi, ecc.) che però si occupavano solo di rappresentazioni corografiche, rivolte in particolare al turismo o ad altri pochi tematismi, e geografiche, soprattutto per atlanti o libri. Produzioni di certo encomiabili per caratteristiche tecnico-costruttive, per precisione e qualità dell'informazione, per raffinatezza del segno grafico o per la plasticità con cui riuscivano a trasmettere l'immagine orografica del territorio rappresentato; di certo ben altra cosa rispetto a quelle odierne, pure estremamente sofisticate, ma ben lungi da rese evocative paragonabili alle loro progenitrici.

Nei primi cinquant'anni della propria attività l'AIC, la sigla con cui è conosciuta e ne costituisce il logo, con i caratteri minuscoli inscritti in un cerchio con la stilizzazione dei meridiani, ha raccontato il mondo della cartografia italiana, soprattutto – ma non solo, descrivendone le evoluzioni e le innovazioni, puntualizzando le ricerche su quella storica e su quella del futuro, mettendo a fuoco gli eventi principali, facendo il resoconto degli incontri annuali tra i soci all'interno dei convegni dedicati. Non ha mai smesso, in questi lustri, di promuovere la cultura della carta in giro per le città d'Italia anche se soprattutto del nord, ma non trascurando le Isole, in particolare la Sardegna sede di ben due eventi svolti a Sassari, attenta a cogliere le trasformazioni di un mondo che, soprattutto con l'avvento delle regioni prima e con la globalizzazione delle localizzazioni, l'evoluzione dei sistemi di riproposizione delle immagini dallo spazio e la diffusione dei sistemi informativi geografici, sarebbe presto cambiato.

## La lunga evoluzione della produzione cartografica

La fine degli anni settanta registrò una grande innovazione nelle rappresentazioni cartografiche, con la sempre maggiore diffusione di quelle tecniche a scala grandissima, da 1 5.000 a 1:10.000, di cui ormai era matura l'esigenza non solo per soddisfare le richieste di una maggiore precisione localiz-

zativa nelle pratiche territoriali, ma anche per supportare la nuova pianificazione avviata dalle Regioni dopo che lo Stato con il DPR 616/1977 concesse loro, tra le altre, la delega in materia di urbanistica e pianificazione del territorio. Esigenza supportata anche dalla diffusione delle tecniche di restituzione aerofotogrammetrica, fino ad allora in capo prevalentemente agli istituti militari, acquisite nel frattempo da aziende private sorte per soddisfare le richieste di questi nuovi enti che sulla conoscenza e sul nuovo approccio alla gestione degli spazi regionali avrebbero poi sviluppato percorsi di grande interesse tecnico e scientifico, nonché di straordinaria lungimiranza sotto il profilo cartografico e geografico. La carta tecnica degli anni sessanta e settanta del secolo passato, validissima quando le esigenze cartografiche erano commisurate a un operare sul territorio tutto sommato modesto e scarsamente incidente rispetto a oggi, era per eccellenza la tavoletta IGM alla scala 1: 25.000, di storica e consolidata tradizione. Venne ad essere pressoché soppiantata dalle Carte Tecniche Regionali (la cosiddetta CTR) a grandissima scala (1:10.000 o 1:5.000, di rado 1:15.000), in condizioni di garantire oltre al dettaglio aggiornamenti frequenti e maggiore attendibilità sui fatti soprattutto antropici, a iniziare dalla fine degli anni settanta, quasi in coincidenza con il diminuire dei finanziamenti per gli organi ufficiali dello Stato cui seguì un rallentamento delle attività di aggiornamento. Quella redazione cartografica regionale non venne da allora mai interrotta; anzi proseguì per diversi decenni e tuttora resiste agli attacchi spietati delle innovazioni tecnologhe basate sulla performanza della localizzazione e sull'esigenza di trasformare nel formato digitale le geometrizzazioni vettoriali frutto della fotorestituzione delle aziende specializzate di settore, da gestire con tecniche GIS. Le carte tecniche vennero comunque gradualmente migliorate in termini qualitativi con l'introduzione di modalità di rilievo e restituzione sempre più sofisticate (si pensi allo sviluppo delle riprese LIDAR o alle tecnologie digitali), prima di lasciare il passo ai database multiprecisione dai 10k in giù, pur essendo ben lontana dal possedere quei caratteri di evocatività della realtà territoriale, o quanto meno di alcuni suoi dettagli, tipica delle carte IGM, nonostante la scala più piccola. Quei primi decenni di vita dell'Associazione furono caratterizzati da grande fermento culturale sotto il profilo cartografico, ben lontani dal "caos" di oggi generato dalla globalizzazione dell'informazione e dalla libera veicolazione e riuso dei dati, laddove tutti, grazie alla condivisione così detta dal basso, attraverso i social o programmi a libero accesso (come Open Street Map) possono produrre cartografia, pur non conoscendone, o addirittura disconoscendo, le regole, i parametri, la strutturazione, il linguaggio (grafico) e financo la grammatica, intesa come regola di composizione delle strutture simboliche. L'adozione di indirizzi volti a favorire lo scambio di dati geografici tra enti e istituzioni pubbliche, anche sotto la spinta di direttive europee, le mutate esigenze di governo del territorio sempre più attente alla conservazione e gestione dei beni culturali e ambientali, la diffusione della connettività alle reti di internet e dei social con la condivisione delle informazioni territoriali, ha prodotto infatti non poche trasformazioni nel modo di fare, acquisire e leggere le carte, favorendo i formati e le tecniche digitali a scapito di quelli cartacei, sempre più relegati a "occasioni " o utenti particolari.

Un'evoluzione della produzione cartografica che nel giro di poco meno di un cinquantennio ha subito un'innovazione straordinaria in quanto a tecniche, modalità costruttive, formati ed edizioni, passando dall'intaglio della pietra litografica alle precisioni localizzative, frutto delle più recenti acquisizioni tecnologiche. Una cartografia che solo in quest'ultimo periodo ha dismesso parzialmente il tradizionale abito indossato per centinaia, se non migliaia di anni, senza mai essere né consumato né rattoppato. Al limite è stato semplicemente rinfrescato, in occasione dell'introduzione di nuove tecniche, come ad esempio l'invenzione della stampa, o la diffusione di metodiche innovative, tra cui il rilievo geometrico-topografico che ha condotto alla rappresentazione dell'orografia a curve di livello preceduta dalle plastiche rappresentazioni dello sfumo vivacizzate dalle diverse inclinazioni delle

sorgenti luminose o con la scala di Lehmann, o ancora l'aerofotogrammetria. In definitiva un abito mai consumato di cui talvolta cambiavano gli accessori, così come in una giacca si possono cambiare i bottoni o introdurre gli spacchi laterali per renderla più attuale e soddisfare le tendenze della moda, lasciandola intatta nella struttura e nel tessuto. Una cartografia che oggi, forse, appare diversa e non più "carta" solo per via del cambiamento del supporto della rappresentazione e della modalità di visualizzazione dei contenuti informativi.

Certo, se si dovesse considerare solo il valore semantico della parola, sarebbe forse non più opportuno continuare a chiamare carta un prodotto che non si basa più sulla "carta" come supporto, o quanto meno la utilizza solo in alcune versioni, per cui andrebbe suggerita l'adozione della variante "rappresentazione", il suo sinonimo più diffuso. Per quanto concerne la sostanza, invece, le cose restano immutate. La carta e le moderne rappresentazioni svolgono entrambe il ruolo di visualizzazione zenitale su di un piano degli oggetti e dei fatti geografici (o i dati territoriali che dir si voglia) sulla base di logiche proiettive e calcoli astronomico-geodetici che conducono a materializzare una parte di quello che nella percezione più comune è il territorio, seguendo delle regole precise le quali, oltre a essere geometriche e matematiche, quindi scientifiche, sono anche semiotiche, artistiche, culturali. Resta quindi immutato l'ordine rappresentativo del mondo che entrambe propongono, variando solo la forma con cui mettono in essere tale prerogativa, pure nella constatazione delle possibilità di interazione e di velocizzazione di processi con cui si ottengono queste e altre elaborazioni nel caso delle moderne rappresentazioni, soprattutto se redatte con tecniche GIS, che a un occhio non esperto potrebbero di sicuro apparire più attraenti e performanti.

Per altro oggi è facile confondere sempre più spesso l'immagine fotografica dallo spazio con la rappresentazione cartografica dello stesso: con maggiore frequenza ci si affida a questa tecnica divenuta suadente grazie alla diffusione degli smartphone o dei tablet e alle vedute terrestri transcalari che in pochi secondi conducono dalla visione globale dell'efficace resa proiettiva di Plate Carrée utilizzata da Google Heart al dettaglio "del sotto casa", magari in visione tridimensionale, grazie alle velocissime connessioni assicurate dai colossi dell'informatica. È però facile rendersi conto della differenza tra immagine e rappresentazione passando a selezionare la voce "standard" o "ibrida" sulla stessa videata, piuttosto che "satellite". Si ottiene così un'evocazione del territorio, magari estremamente semplificata e basata sulla semplice viabilità e quindi con pochi elementi informativi, da cui si cogliere il vero potenziale dell'informazione cartografica: un'evocazione (quindi una notizia) diretta, semplice, precisa ed efficace.

Per tale capacità, nel tempo mai venuta meno, semmai accresciuta con l'evolversi delle scienze e delle tecniche e ora resa interagente e diffusa a tutti i livelli grazie alle innovazioni spaziali di cui si è dato cenno, la rappresentazione cartografica continua a essere lo strumento più diffuso per conoscere, capire, interpretare e governare lo spazio e i suoi processi. La carta, o la rappresentazione cartografica, continua insomma ad assicurare la conoscenza degli effetti dell'interazione dell'uomo sui sistemi dell'ambiente o con l'ambiente e a dare conto della trasformazione culturale di quel pianeta terra sempre più mondo carico di problemi.

## Il *Bollettino dell'AIC*

L'associazione Italiana di Cartografia ha vissuto appieno questo processo partecipandovi in maniera quasi privilegiata e il suo "Bollettino" ne è stato, e lo è tuttora, il testimone più diretto, arguto, attento, appassionato osservatore e interprete, oltre che prestigioso divulgatore, ma anche critico intrasigente e imparziale. Rileggendo i 148 numeri che finora sono stati pubblicati, si ripercorre la storia della cartografia italiana nell'ultimo cinquantennio, entrando nel pieno delle vicende, delle trasformazioni,

delle produzioni e dei progetti, delle evoluzioni e delle problematiche di cui poco sopra si è tracciato un brevissimo profilo.

Il primo numero del Bollettino non poteva che essere curato dall'animatore dell'Associazione, appunto il Generale Traversi, che dall'alto del suo osservatorio privilegiato come Comandante dell'IGM, con la disponibilità di un apparato allora importante, forte di una innata passione per la cartografia e forse già dedito alla preparazione del suo più celebre volume "Tecnica Cartografica" (IGM, 1968), per certi versi rimasto insuperato al pari della quasi coeva *Sémiologie graphique* di Jacques Bertin (1967), ha dato avvio a una rivista edita per ben cinquant'anni: il primo mezzo secolo del Bollettino scade infatti con questo terzo numero del 2013, l'ultimo dell'annata.

Grazie alla sempre rinnovata disponibilità dei membri del Consiglio Direttivo che di volta in volta ne hanno curato la redazione e le edizioni, di recente con il supporto di un apposito e qualificato Consiglio Scientifico, con il Presidente Direttore responsabile, non di rado affiancato da un Direttore editoriale e da un Comitato di redazione, si è riusciti a produrre in maniera più o meno puntuale i numeri del Bollettino, talvolta corposi come un bel volume, altre volte ridotto a ospitare solo pochi articoli, in qualche occasione impreziosito da recensioni su opere cartografiche e atlanti di livello nazionale e internazionale, a periodi integrato con delle news (*AIC Informa*, ad esempio). Il Bollettino, da organo ufficiale dell'AIC, ha sempre mantenuto la prerogativa dell'informazione cartografica rivolgendosi ai soci come interlocutori privilegiati. Spesso numero comprensivo di un'intera annata, o doppio per esigenze editoriali, non ha tralasciato la raccolta degli interventi presentati nel corso dei vari convegni annuali dell'Associazione, divenendo così numero celebrativo in quanto raccolta degli atti e dando luogo a qualificate opere tematiche, tra cui si può menzionare quello dedicato alla Cartografia della Montagna tenutosi a Trento in occasione del Festival della montagna nel 2003 (*Bollettino dell'AIC*, n. 117 – 118 – 119). Un volume che non è l'unico della serie, anche se resta tra i più significativi.

Più di recente, la nutrita presenza di contributi ai convegni e le accresciute esigenze finanziarie per la stampa cartacea, grazie anche alla consuetudine di allegare CD a riviste o a libri e trattati scientifici, si è adottato il sistema di raccogliere in un compact gli atti di ogni convegno e allegarli a un numero del bollettino, ovviamente caratterizzato dal codice editoriale identificativo per il formato digitale (ISBN). Il bollettino ha sempre goduto del relativo codice ISSN, mantenendo costante il tradizionale formato delle pagine ma variando la grafica della copertina, di recente rinnovata con l'adozione del classico globo, che per altro contraddistingue il logo, stilizzato in prospettiva.

Dare uno sguardo a tutti i numeri del bollettino non è cosa semplice, soprattutto per la difficoltà di reperirli in quanto la raccolta completa è purtroppo presente solo in poche biblioteche italiane (abbonate) oppure a casa di soci longevi e appassionati, ancora iscritti all'Associazione dai primi momenti del suo avvio. Personalmente penso di poter annoverare tra questi uno solo degli attuali soci, si potrebbe anche dire particolare, essendo stato Presidente per due mandati consecutivi (dal 1978 al 1981 e dal 1982 al 1985) e avendo svolto un ruolo fondamentale nel mondo della cartografia: il dottor Giuseppe Motta, direttore cartografico dell'Istituto Geografico De Agostini per diversi lustri.

Il Bollettino ha raccolto nel tempo la voce di quanti hanno avuto a che fare con le carte: da costruttori, da utilizzatori, da appassionati o da ricercatori, accettando i contributi sulla base della proposta dei singoli autori senza mai esigere competenze e cognizioni particolari, volendo essere per scelta, e per definizione, la voce di tutte le anime del variegato mondo della cartografia. La pubblicazione dell'articolo di uno studioso aveva così il rango di contributo scientifico; quello di un costruttore-editore di carte rappresentava magari l'aggiornamento su di un nuovo prodotto di cui se ne descrivevano le caratteristiche redazionali o tecnico-costruttive; quello di un cultore diveniva un

mero fatto di divulgazione della conoscenza, anche personale, da cui apprendere però elementi per diffondere e formare la coscienza cartografica intesa nel senso più ampio del termine. Uno scenario in cui valeva soprattutto il confronto tra culture diverse, tra le differenti anime presenti nella tradizionale filiera cartografica piuttosto che la monolitica affermazione di un sapere privilegiato di pochi esperti o in capo a pochi produttori. In questo il Bollettino rispecchiava fedelmente la composizione del suo target di riferimento senza mai privilegiare alcuna delle sue tante e diverse sfaccettature, tanto da poter affermare, in più di una occasione, che il vantaggio culturale dell'Associazione scientifica cui esso si riferiva era rappresentato dalla pluralità di esperienze e di conoscenze, scientifiche e pratiche, tecniche e culturali che in essa afferivano, magistralmente riportati all'interno delle sue pagine.

## Il nuovo corso

Questo numero, l'ultimo del 2013, appunto, è il 149: ne manca solo uno a confermare la triplice uscita annuale di un cinquantennio, anche se talvolta come numero doppio o triplo. Ciò denota la serietà, la costanza e la passione della rivista, sempre sostenuta dall'esigenza di trattare e scrivere di cartografia da parte dei soci: una presenza puntuale, quasi puntigliosa, a ricordare un mondo virtuale che solo chi ha il privilegio di conoscere, realizzare e apprezzare le carte può capire e interpretare.

Attento ai nuovi percorsi di qualificazione della ricerca, ha di recente introdotto il referaggio per quegli articoli i cui Autori hanno interesse a dimostrare il rigore disciplinare e metodologico dei propri contributi, che viene svolto in maniera anonima da esperti selezionati dal consiglio scientifico e indicato da un logo apposito sulla prima delle pagine a stampa. Centrando appieno il percorso di miglioramento nella competitività, non solo nazionale, della produzione scientifica adottata sulla base della valutazione della ricerca universitaria da parte del Ministero dell'Università, il Bollettino è stato inserito nelle riviste di Fascia A per l'area 11, una delle 14 aree scientifiche nelle quali è suddiviso il mondo della ricerca italiana. All'interno di quest'ultimo è presente anche il settore scientifico disciplinare delle geografie (M-GGR.01, generale e M-GGR.02, economica e politica) i cui docenti sono, per vocazione, per cultura e soprattutto per appartenenza a una tradizione storicamente consolidata, anche cartografi, nonostante oggi abbiano perso in parte quell'antica prerogativa. I geografi, talvolta numerosi, sono stati sempre presenti all'interno dell'Associazione e molti articoli del Bollettino sono a loro cura. In questo momento, numerosi soci, forse anche la maggioranza degli iscritti, appartiene a questa categoria e non a caso, da qualche anno a questa parte, invertendo un'antica consuetudine, quelli di provenienza universitaria – tra loro in maggioranza geografi, appunto – sono più numerosi rispetto agli altri e le aziende cartografiche sono ridotte a pochissime, per non dire alle uniche che ancora riescono a operare in un sistema che non è più della cartografia in senso stretto. La crisi di quest'ultimo formato causata dalla diffusione delle immagini dallo spazio sugli smartphone, tablet e PC e dalle produzioni digitali veicolate tramite internet che hanno offerto a tutti la possibilità di essere cartografi, come suaccennato, ha infatti mandato in crisi un settore che in Italia contava numerosi addetti e fatto chiudere decine di piccole attività. Conseguentemente, molti dei soci legati a questo mondo purtroppo variato si sono allontanati essendo venuta meno la motivazione tecnico-professionale che prima ne motivava la presenza e solo in alcuni casi, di solito legati alla passione per lo strumento cartografico, si è registrato il permanere di una consuetudine. L'uscita di alcuni dei cartografi professionali è stata però compensata dagli universitari attratti dal profilo scientifico del bollettino, dal credito di cui esso gode nel mondo accademico, unitamente alla rilevanza e attualità degli argomenti trattati. È cambiata, in definitiva la composizione del cuore pulsante dell'Associazione, che allo stato attuale registra una vasta componente tra i soci appartenenti al mondo della ricerca scientifica o universitaria, o di studiosi e tecnici comunque appassionati alle rappresentazioni e al fascino da loro

esercitato sia in quanto strumento di ricerca, sia per ciò che la sua più recente evoluzione, unitamente al mondo dell'ICT, comporta per la ricerca stessa e lo sviluppo tecnologico ad essa associato.

Una evoluzione nella composizione dell'Associazione legata direttamente a quella del mondo delle rappresentazioni magistralmente riportata dal Bollettino che rimane così il testimone attendibile di un percorso non solo scientifico, e sarebbe questo un fatto naturale, ma anche tecnico e professionale.

Ed è proprio la tecnica, unitamente alla tecnologia motivata dall'attenzione rivolta ora in modo particolare alla qualificazione scientifica e alla componente economica che oggi non può essere trascurata, a suggerire, all'inizio del secondo cinquantennio, una nuova modifica al formato del Bollettino. La veste cartacea potrebbe cioè essere dismessa a favore di quella digitale, grazie anche alla presenza del sito web e all'ingresso del percorso editoriale nel mondo delle pubblicazioni universitarie (nell'EUT di Trieste, in questo caso, grazie all'appartenenza al locale Ateneo di parte della redazione), con la quale si approderebbe direttamente nel mondo della qualificazione bibliografica internazionale con l'applicazione del Digital Object Identificator – DOI – agli articoli pubblicati. Ciò garantirebbe una diffusione e una visibilità di livello internazionale, ovviamente da supportare nella selezione degli articoli, rigorosamente referati e con la puntualità dell'edizione. Una trasformazione radicale della sua forma e della sua veste che però, in quanto tale, deve essere prima di tutto proposta e accettata dai soci. Ed è quello che si intende fare con la prossima assemblea annuale quando, proprio in occasione della celebrazione del cinquantennio, si proporrà di decidere una nuova formula che, se accolta, vedrà il Bollettino proiettarsi verso nuove e più ampie possibilità di allargamento della voce più qualificata dei suoi Soci.

## Riferimenti bibliografici essenziali

AA. VV. (1980), *Cartografia tematica regionale: strumento per la conoscenza e la programmazione territoriale*, Atti del Convegno nazionale A. Ge. I., Catania, 13-15 settembre 1979 (a cura di Di Blasi A. e Zunica M.), Galatea, Roma.

AA. VV. (2004), *Atlante dei tipi geografici. Italia*, I. G. M. Firenze.

Borruso G. (2011), *Geografia di rete. Infrastrutture, regioni, città*, Pàtron, Bologna.

Bertin J.(1967), *Sémiologie graphique*, Gauthier-Villars, Paris.

Farinelli F. (1992), *I segni del mondo*, Nuova Italia Scientifica, Roma.

Favretto A. (2009), *I mappamondi virtuali, uno strumento per la didattica della geografia e della cartografia*, Pàtron, Bologna.

Favretto A. (2010), *Nuovi strumenti per l'analisi geografica. I G. I. S.*, Pàtron, Bologna.

Gomarasca M. (2004), *Elementi di geomatica*, Artestampa, Milano.

Scanu G. (2008), . *Considerazioni in merito alle prospettive future della cartografia,* in "Boll. dell'A.I.C.", n. 132-134, pp.11-22.

Traversi C. (1968), *Tecnica cartografica*, Istituto Geografico Militare, Firenze.

# DALLA CONFERENZA ASITA AL BOLLETTINO DELL'AIC. IL PERCHÉ DI UNA SCELTA EDITORIALE

**Giuseppe Scanu***

Questo numero "speciale" del nostro Bollettino contiene una serie di contributi presentati in diverse sessioni della sedicesima Conferenza dell'ASITA che si è svolta alla Fiera di Vicenza dal 6 al 9 novembre del 2012. Si è infatti ritenuto opportuno riprendere alcuni interventi, ovviamente di chiara declinazione cartografica, il cui contenuto fosse di particolare interesse per l'Associazione. Non è un percorso usuale, è bene precisarlo subito, così come è necessario precisare che non è stata svolta un'operazione mirata al recupero di articoli da inserire in un numero di Bollettino. Si è trattato di una scelta appositamente determinata, scaturita da un confronto tra Redazione e Comitato Scientifico dell'Associazione, che ha giudicato questa decisione opportuna per una serie di ragioni, di cui proverò a dare sintesi al lettore.

L'esigenza di avvicinare la Conferenza al mondo AIC era avvertita da diverso tempo, in quanto non tutti i soci e i lettori del Bollettino hanno modo di seguirla direttamente e pertanto, in considerazione dell'interesse cartografico di alcuni lavori apparsi meritevoli di essere proposti, si è pensato di rendere questi ultimi disponibili a un pubblico più interessato culturalmente, tecnicamente e scientificamente, nell'intento di rafforzare l'azione di diffusione dell'informazione cartografica assicurata da ASITA, altrimenti limitata ai soli iscritti e quindi con una veicolazione assolutamente orientata.

Non a caso, la scelta degli articoli da pubblicare sul Bollettino è caduta su quelli presentati da soci dell'AIC, con tema specificamente orientato alla cartografia. Gli Autori a cui è stata chiesta la disponibilità si sono detti d'accordo e alcuni hanno provveduto ad autorizzare direttamente la pubblicazione del contributo originale mentre altri, pur mantenendo la tematica trattata inizialmente e l'impostazione generale, hanno preferito riprendere il testo adeguandolo e aggiornandolo visto che, nel frattempo, era intercorso quasi un anno dall'edizione primaria. Poiché l'obiettivo di questa operazione è solo quello di implementare una particolare conoscenza scientifica e favorire la divulgazione in maniera mirata, data l'appartenenza di AIC (editore del Bollettino) alla Federazione (Editore degli Atti di provenienza) e vista la concomitanza temporale del Direttore responsabile di entrambe le pubblicazioni (com'è noto in capo al Presidente pro-tempore che casualmente assomma le due figure in chi scrive), si è ritenuto inesistente il problema del *copyright* e della primogenitura della pubblicazione, naturalmente a fronte della precisazione che si tratta di contributi la cui versione originaria appartiene agli Atti della XVI Conferenza ASITA.

L'obiettivo perseguito dal presente numero del Bollettino è quindi quello di favorire una maggiore diffusione della conoscenza cartografica riproponendo, talvolta con contenuti innovati, alcuni lavori presentati in occasione di un evento pertinente a un pubblico variegato e non attratto solamente dalle tematiche relative alle tecniche e ai problemi delle rappresentazioni, da destinare a un settore specifico delle scienze e della tecnica, o ad esso solo culturalmente orientato, per passione o curio-

* Presidente dell'Associazione Italiana di Cartografia e Presidente della Federazione delle Associazioni Scientifiche delle Informazioni Territoriali e Ambientali (ASITA)

sità, con una impostazione consona alle consuetudini e alle aspettative dei soci dell'AIC. Il *restyling*, formale o contenutistico, dei lavori di seguito proposti, cerca così di soddisfare le aspettative di tutti i soci, enfatizzando, grazie anche alla tradizione della veste grafica adottata, il tema conduttore centrale di tutto il percorso: la carta e i suoi molteplici risvolti, tecnici, comunicativi, culturali, scientifici, progettuali, informativi.

Rinvenire e leggere in questa stessa rivista articoli che spaziano dalla cartografia storica – sia pure non nel senso tradizionale cui siamo abituati bensì in chiave operativa e applicativa – alle tecniche più moderne e sofisticate di redazione e utilizzo di questi prodotti, fornisce un arricchimento culturale che esalta il senso della mappa, dimostrando vieppiù come la sua capacità evocativa resti indiscussa e mai sia venuta meno, nonostante le innovazioni della sua attuale produzione tendano a sminuire la sintesi della conoscenza territoriale, a fronte di sempre più nuove e performanti applicazioni localizzative.

Ciò, beninteso, è assolutamente lontano dal ritenere che la platea della Conferenza ASITA non sia adatta a celebrare in toto la straordinaria potenzialità della cartografia. Si è infatti ben consci che in quella sede molti dei discorsi proposti all'interno delle varie declinazioni geomatiche hanno come riferimento proprio la carta, regina incontrastata di quell'evento.

Nel rimarcare la multidisciplinarietà della Conferenza, sia pure all'interno del mondo della geomatica, in definitiva, si vuole ravvisare come la stretta relazione esistente tra i tra gli atti di ASITA e questo numero del Bollettino, è solo un modo di rafforzare un percorso che comunque, all'interno della Federazione, è ben presente essendo l'AIC una delle quattro anime che ad essa ha dato origine.

**Tutto questo confidando nella comprensione dei soci e lettori del Bollettino.**

# STRUMENTI DEL SISTEMA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE PER LA GESTIONE DEI DATI SUL CONSUMO DI SUOLO

# *NATIONAL ENVIRONMENTAL PROTECTION SYSTEM TOOLS TO MANAGE SOIL CONSUMPTION DATA*

**Fabio Baiocco[*], Nicoletta Gazzea[*], Ines Marinosci[*], Antonio Scaramella[*], Michele Munafò[*]**

**Riassunto**

La rete nazionale di monitoraggio del consumo di suolo, sviluppata e gestita dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) in collaborazione con il Sistema delle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente delle Regioni e delle Province Autonome (ARPA/APPA, che insieme a ISPRA costituiscono il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente), consente di valutare lo stato e l'andamento del fenomeno del consumo del suolo agricolo e naturale dovuto all'espansione urbana e all'impermeabilizzazione del territorio. ISPRA ha sviluppato un'applicazione specifica, in ambiente open source, che permette, ai diversi utenti responsabili delle diverse fasi del monitoraggio, di acquisire, di validare e di gestire i dati attraverso la lettura e la fotointerpretazione di cartografia e, quindi, di concorrere all'elaborazione automatica di indicatori sul consumo di suolo. Inoltre il sistema è in grado di realizzare dinamicamente grafici e statistiche, all'interno delle quali si possono trovare, sia la quantità di dati elaborati, sia il livello di completamento delle attività e il lavoro di ogni singolo utente, rendendo accessibili tali informazioni sul web ai diversi livelli di utenza. L'applicazione sviluppata consente di rendere più semplice la valutazione del consumo di suolo a livello nazionale, regionale e comunale, garantendo maggiore omogeneità nelle attività di acquisizione e di elaborazione dei dati da parte di ISPRA e delle Agenzie delle Regioni e delle Province Autonome per la Protezione dell'Ambiente.

***Parole chiave:*** Consumo di suolo, impermeabilizzazione del suolo, Web GIS

***Abstract***

*The National network of land take monitoring, developed and managed by ISPRA (Italian National Institute for Environmental Protection and Research) in cooperation with ARPA / APPA (Regions*

[*] Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Via Vitaliano Brancati, 48, Roma, fabio.baiocco@isprambiente.it nicoletta.gazzea@isprambiente.it ines.marinosci@isprambiente.it antonio.scaramella@isprambiente.it michele.munafo@isprambiente.it

*and Autonomous Provinces Agencies for Environmental Protection), allows to assess the status and trends of the agricultural and natural land consumption due to urban sprawl and soil sealing. ISPRA has developed a specific application, in an open source environment, which allows, during all the monitoring phases, the different users to load, validate and manage the data, through photo interpretation, therefore it is possible to development the land take indicators. Moreover, the system is dynamically able to create graphics and statistics, e.g. the amount of data processed, the level of activities completion and the work of each users, making such information accessible on the web for different users' levels. The developed application allows to simplify the land take evaluation at the national, regional and municipal levels, ensuring greater uniformity in the updating and processing of data by ISPRA and ARPA / APPA.*

**Keywords:** *Land take, Soil sealing, Web GIS*

## 1. Introduzione

Un suolo in condizioni naturali fornisce al genere umano i servizi ecosistemici necessari al proprio sostentamento: servizi di approvvigionamento (prodotti alimentari, materie prime, etc.); servizi di regolazione (clima locale, cattura e stoccaggio del carbonio, protezione e mitigazione dei fenomeni idrologici estremi, etc.); servizi di supporto (decomposizione e mineralizzazione di materia organica, habitat delle specie, conservazione della biodiversità, etc.) e servizi culturali (servizi ricreativi, paesaggio, etc.; Scalenghe e Ajmone Marsan, 2009; Pileri e Maggi, 2010). Allo stesso tempo è anche una risorsa fragile che viene spesso considerata con scarsa consapevolezza e ridotta attenzione nella valutazione degli effetti derivanti dalla perdita delle sue funzioni; le scorrette pratiche agricole, le dinamiche insediative, le variazioni d'uso e gli effetti locali dei cambiamenti ambientali globali, possono originare gravi processi degradativi che limitano, o inibiscono totalmente, le funzionalità del suolo, diventando evidenti solamente nel momento in cui assumono carattere di irreversibilità (Johnson e Lewis, 2007). L'impermeabilizzazione del suolo, comunemente chiamata cementificazione, è una delle prime cause di degrado del suolo nell'Ue in quanto comporta un rischio accresciuto di inondazioni, contribuisce al riscaldamento globale, minaccia la biodiversità e suscita particolare preoccupazione allorché vengono ad essere ricoperti terreni agricoli fertili (European Commission, 2012).

In considerazione dell'importanza delle funzioni del suolo e delle necessità di monitorare l'andamento della loro perdita, ISPRA, in collaborazione con il Sistema delle Agenzie Ambientali, ha definito una rete di monitoraggio del consumo di suolo da cui derivare indicatori specifici sull'entità del consumo di suolo a livello territoriale e sul confronto fra i tassi di crescita e i trend demografici, utili per la valutazione del fenomeno a scala nazionale, regionale e sui principali comuni.

Il consumo del suolo viene collegato all'utilizzo per fini insediativi di suolo extraurbano, agricolo o naturale, come misura della continua cementificazione e impermeabilizzazione di un bene comune, il suolo appunto, la cui disponibilità è sempre più limitata (Hasse e Lathrop, 2003; Agapito *et al.*, 2009).

Una definizione univoca di consumo di suolo è, tuttavia, di difficile proposizione e, in linea generale, il concetto di "consumo" viene associato alla condizione negativa di perdita della risorsa suolo, inteso più come "spazio" occupato e sottratto a diversa originaria vocazione, prevalentemente agricola o naturale (Munafò e Ferrara, 2012a). Il termine si riferisce, quindi, a un incremento dell'occupazione di terreno, un aumento delle aree di insediamento nel tempo, un processo che include la costruzione di insediamenti sparsi in zone rurali, l'espansione delle città attorno a un nucleo urbano (compreso lo sprawl urbano), e la densificazione o la conversione di terreno entro un'area urbana

(Couch et al., 2007; European Commission, 2012). È evidente che nell'ambito di queste trasformazioni si possono distinguere diversi fenomeni di consumo, ciascuno con specifiche caratteristiche e specifiche conseguenze. A seconda della situazione locale, su una parte maggiore o minore del terreno occupato si può avere impermeabilizzazione del suolo, ovvero la copertura permanente di parte del terreno e del relativo suolo in materiale artificiale (asfalto o calcestruzzo), ad esempio con edifici e strade. In tale ottica, la rappresentazione più tipica del consumo di suolo è data dal crescente insieme di aree coperte da edifici, capannoni, strade asfaltate o sterrate, aree estrattive, discariche, cantieri, cortili, piazzali e altre aree pavimentate o in terra battuta, serre e altre coperture permanenti, aeroporti e porti, aree e campi sportivi impermeabili, ferrovie ed altre infrastrutture, pannelli fotovoltaici e tutte le altre aree impermeabilizzate, non necessariamente urbane. Tale definizione si estende, pertanto, anche in ambiti rurali e naturali, oltre l'area tradizionale di insediamento urbano ed esclude, invece, le aree aperte naturali e semi naturali in ambito urbano (Munafò, 2013).

I dati regionali, ripartizionali e nazionali sul consumo di suolo così inteso sono diffusi da ISPRA mediante la pubblicazione dell'Annuario dei Dati Ambientali, giunto alla sua decima edizione, che rappresenta la più ampia raccolta a livello nazionale di dati statistici sull'ambiente e scaturisce dall'impegno sinergico e armonizzato con le Agenzie Regionali e delle Province Autonome per la Protezione dell'Ambiente (ISPRA, 2012a).

Il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo figurano anche tra i temi approfonditi all'interno del Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano (ISPRA, 2012b), dove ne vengono riportati i principali indicatori per le aree urbane italiane. Il Rapporto, giunto alla sua ottava edizione, rende disponibili i principali indicatori ambientali sulle città grazie al coinvolgimento delle Agenzie Ambientali delle Regioni e delle Province autonome e alla collaborazione con Enti centrali e amministrazioni locali. Gli indicatori sono relativi alle tematiche di maggiore rilievo per la qualità della vita nei centri urbani, quali: fattori demografici, suolo, rifiuti, mobilità e trasporti, verde urbano, consumi idrici ed energetici, qualità dell'aria.

## 2. La rete nazionale di monitoraggio del consumo di suolo

La stima del consumo di suolo viene condotta attraverso una specifica indagine, inserita all'interno del Piano Statistico Nazionale, che sfrutta una metodologia campionaria basata sulla foto-interpretazione multitemporale di ortofoto e di carte topografiche storiche, distinguendo tra diverse classi di consumo di suolo e utilizzando scale di lavoro comprese tra 1:1.000 e 1:2.000.

La rete nazionale di monitoraggio del consumo di suolo è quindi basata su un campione stratificato di circa 120.000 punti di osservazione ed è sviluppata attraverso l'integrazione di specifiche reti di monitoraggio a livello nazionale, a livello regionale e per i principali comuni.

La componente della rete di livello nazionale si compone di circa 12.000 punti che, attualmente, costituiscono un sottoinsieme pari a circa il 10% del campione complessivo. I punti sono dislocati in modo casuale all'interno di celle generate da un reticolo sistematico con passo di 5 km appoggiato al sistema di coordinate UTM – WGS 84, fuso 32 N (Romano e Munafò, 2005).

Per avere un quadro dettagliato del fenomeno a livello regionale, viene integrata un'altra rete di monitoraggio, costituita da circa 28.000 punti distribuiti sul territorio nazionale e stratificati sia su base amministrativa (per consentire di minimizzare lo scarto quadratico a livello regionale), sia sulla base delle caratteristiche territoriali. Infatti, la stratificazione del campione avviene anche per avere un quadro quanto più possibile accurato per studiare il fenomeno del consumo di suolo a livello regionale e, in particolare, nelle aree periurbane (utilizzando un buffer di 3 km intorno alle UMZ – *Urban Mor-*

*phologic Zone*[1]), nelle aree urbane a carattere discontinuo e nelle aree agricole che rappresentano, storicamente, le aree potenzialmente più esposte al fenomeno del consumo di suolo.

Per l'analisi delle aree comunali, sono state completate delle reti di monitoraggio specifiche che ampliano e infittiscono quelle utilizzate a livello nazionale e regionale. I punti delle reti comunali sono in continuo aumento perché, ogni anno, sono inseriti nuovi comuni all'indagine ISPRA sulla qualità dell'ambiente urbano che vengono, di conseguenza, monitorati anche sotto l'aspetto del consumo di suolo.

Nell'ultima edizione del Rapporto, il monitoraggio riguarda il territorio amministrativo di sessanta comuni al fine di valutare il consumo del suolo dovuto all'impermeabilizzazione e ad altri usi artificiali quali cave, discariche e cantieri, negli anni compresi tra il secondo dopoguerra e il 2012.

Anche nel caso delle aree urbane la metodologia è stata definita al fine di garantire una valutazione del consumo di suolo omogenea e confrontabile a livello nazionale. La stima è basata sul lavoro di classificazione e di fotointerpretazione, con la verifica e la validazione, su ortofoto e su altre cartografie disponibili di circa 80.000 punti complessivi, inquadrati in reti di monitoraggio predisposte per ogni area comunale studiata. Viene anche stimato, sulla base di altre immagini temporalmente vicine, lo stato di eventuali aree obliterate o mascherate nelle ortofoto.

## 3. L'acquisizione dei dati

L'analisi cartografica e aero-fotogrammetrica è basata su diversi anni di rilevazione della serie storica disponibile per il periodo compreso tra il 1950 ed oggi, utilizzando la cartografia dell'Istituto Geografico Militare a scala 1:25.000 databile tra il 1938 e il 1990, le ortofoto in bianco e nero degli anni 1988-1993 e 1994-1997 distribuite dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), le ortofoto a colori del 1998-2001 e 2004-2007 distribuite sempre dal MATTM. Sono state utilizzate, infine, ortofoto a colori del periodo 2008-2012, consultate in base alla disponibilità dei dati a livello regionale o tramite il servizio GIstat, messo a disposizione dall'Istat e relativo agli anni 2006-2009.

Il metodo di tipo statistico campionario che viene utilizzato è tarato sulle peculiarità specifiche del territorio italiano e rappresenta una valida alternativa alla produzione di cartografie di uso, copertura e consumo del suolo: in generale, un approccio campionario areale o puntuale, sulla base di campagne di monitoraggio in situ e/o di fotointerpretazione, permette di ottenere una maggiore precisione della stima e consente di valutare l'errore o i limiti fiduciali. Inoltre ha tempi e difficoltà di elaborazione decisamente inferiori alla realizzazione di una cartografia di uso del suolo, garantendo una maggiore oggettività della valutazione. Gli svantaggi del metodo sono, invece, principalmente ascrivibili alle maggiori difficoltà di spazializzazione e di rappresentazione cartografica.

Per ovviare a queste limitazioni, i dati puntuali sono poi integrati con altre fonti secondo gli aggiornamenti via via disponibili e, in particolare, con i dati di osservazione della terra forniti dal servizio informativo *Copernicus* ad alta risoluzione sull'impermeabilizzazione del suolo pubblicato dall'Agenzia Europea per l'Ambiente[2] e il cui aggiornamento è stato realizzato da Planetek Italia nell'ambito del progetto *Geoland 2*, cofinanziato dalla Commissione europea nell'ambito del settimo programma quadro. Tali dati hanno permesso di ottenere una spazializzazione dei dati campionari, da un lato, e una validazione delle coperture, dall'altro.

---

[1] Cfr. http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-morphological-zones-2006-umz2006-f3v0

[2] Cfr. http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-fast-track-service-precursor-on-land-monitoring-degree-of-soil-sealing-100m-1

Il sistema di classificazione utilizzato per il monitoraggio suddivide, al primo livello, il campione tra punti consumati, punti non consumati e punti non valutati. Al secondo livello abbiamo, tra i punti consumati: edifici e capannoni, strade asfaltate, strade sterrate, aree estrattive non rinaturalizzate, discariche, cantieri, piazzali e altre aree in terra battuta, serre permanenti, aeroporti e porti, aree e campi sportivi impermeabili, sedi ferroviarie, altre aree impermeabili, campi fotovoltaici. Tra i punti non consumati: alberi in aree urbane, alberi in aree agricole, alberi in aree naturali, seminativi e altre superfici agricole, pascoli/prati, corpi idrici, alvei di fiumi, zone umide, rocce/spiagge/dune, ghiacciai e superfici innevate, aree sportive permeabili, altre aree permeabili.

Per l'inserimento, la modifica e l'implementazione dei dati derivanti dalla fotointerpretazione, a cura sia di operatori delle Agenzie per la protezione dell'ambiente delle Regioni e delle Province Autonome, sia di operatori dell'ISPRA, che curano anche la validazione, è stato sviluppato, in ambiente open source, un applicativo web, di cui in Figura 1 viene riportata la *Home page*. La progettazione e la realizzazione sono stati curati dal Servizio Sinanet (la rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale) di ISPRA. La banca dati è gestita in ambiente MySQL, mentre l'interfaccia web è stata sviluppata in PHP. Il sistema informativo ha facilitato, oltre alle attività di acquisizione, anche il controllo, la validazione attraverso l'impiego di altra cartografia e di analisi a maggiore scala e l'elaborazione delle informazioni raccolte anche al fine di concorrere all'elaborazione automatica di indicatori sul consumo di suolo.

*Fig. 1 – Maschera principale per la ricerca dei dati dell'applicativo*

Come si evince dalla maschera principale dell'applicativo, gli utenti registrati e preventivamente autorizzati dall'amministratore o dall'utente responsabile di uno specifico lotto di fotointerpretazione, previa autenticazione tramite username e password, possono stabilire, attraverso diversi e personalizzabili criteri di ricerca, ogni singolo ambito di interesse; ciò rende più semplice ed immediato il lavoro di monitoraggio ambientale dei soggetti che andranno a selezionare unicamente l'ambito amministrativo o lo strato di campionamento di proprio interesse. Una volta inseriti i criteri di ricerca, l'utente potrà interpretare diacronicamente e fotointerpretare, in modalità *unsupervised*, rispettivamente le carte topografiche storiche e le ortofoto, navigando e confrontando agevolmente le diverse cartografie disponibili e attribuendo ad ogni singolo punto, infine, la classe di copertura corrispondente, garantendo maggiore omogeneità nelle attività di acquisizione e di elaborazione dei dati da parte di ISPRA e delle Agenzie Regionali e delle Province Autonome per la Protezione dell'Ambiente (Figura 2).

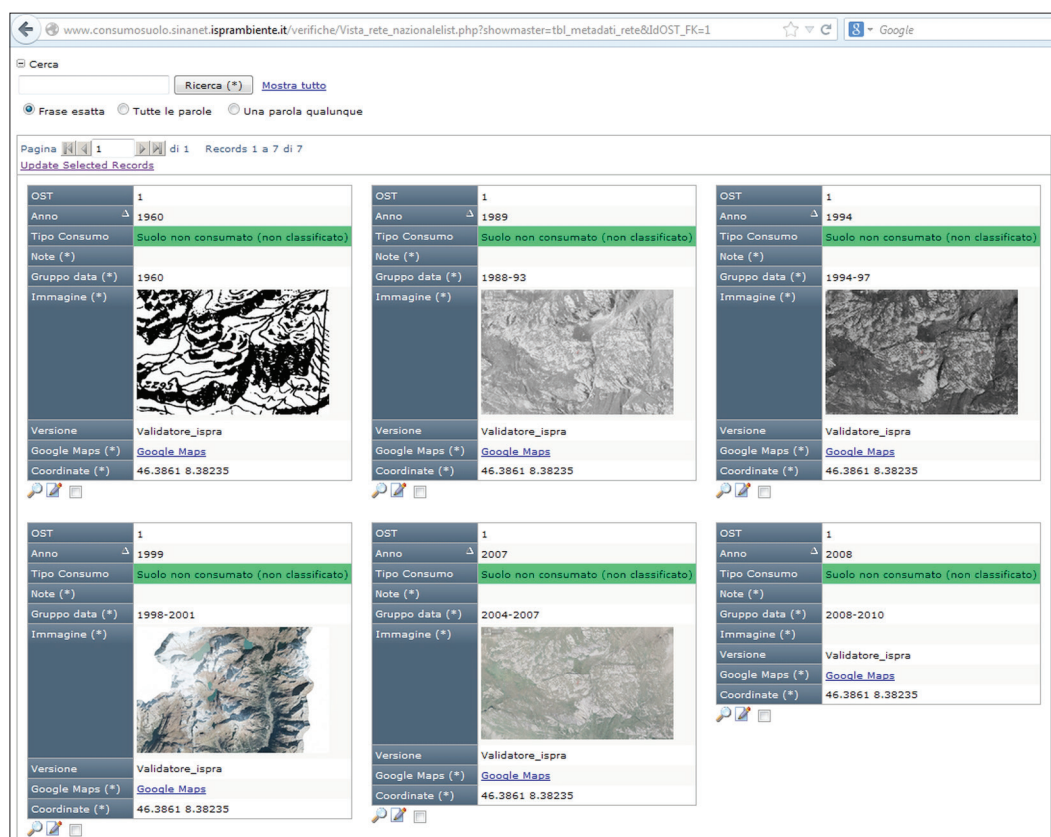



*Fig. 2 – Interfaccia per l'interpretazione e la fotointerpretazione della cartografia*

## 4 La reportistica e l'elaborazione degli indicatori

I dati raccolti sono salvati all'interno di un *geodatabase* e successivamente elaborati al fine di valutare il consumo di suolo attraverso indicatori che, oltre a restituire dati sull'andamento del fenomeno nell'intervallo temporale considerato, hanno avuto il compito di validare la metodologia utilizzata, confrontando dati derivanti da analisi precedentemente svolte a livello locale (Munafò et al., 2012b).

Il sistema sviluppato è in grado di realizzare dinamicamente grafici e di elaborare statistiche e indicatori relativi sia alla quantità e tipologia dei dati elaborati e al lavoro svolto da ogni singolo utente o gruppi di utenti, sia ai risultati della fotointerpretazione e dei relativi indicatori di consumo di suolo derivati, rendendo accessibili tali informazioni sul web ai diversi livelli di utenza.

Gli indicatori principali sono la percentuale di suolo consumato a livello nazionale, regionale o comunale, gli ettari di suolo consumato e le sue variazioni nel corso del tempo. Sono elaborati anche i dati sul consumo di suolo procapite e sull'intensità d'uso dei suoli espressa in abitanti per ettaro di suolo consumato. Nel calcolo di questi indicatori elaborati a livello nazionale possono essere integrati anche i dati delle reti regionali e comunali. In tal caso, i dati mostrano come, a livello nazionale, il suolo consumato sia passato dal 2,8% del 1956 al 6,9% del 2010, con un incremento di più di 4 punti percentuali (Tabella 1).

| Anno | % suolo consumato |
|---|---|
| 1956 | 2,8 |
| 1989 | 5,1 |
| 1996 | 5,7 |
| 1998 | 5,9 |
| 2006 | 6,6 |
| 2010 | 6,9 |

*Tab. 1 – Stima del consumo di suolo in Italia. Fonte: ISPRA, 2013*

Report e istogrammi specifici sono disponibili per valutare, in maniera dinamica e utilizzando filtri e raggruppamenti personalizzabili, il fenomeno del consumo di suolo nei diversi ambiti con riferimento, ad esempio, ai cambiamenti ottenuti per le singole classi (Figura 3), ai punti utilizzati per ambito amministrativo e per strato di campionamento, ai tassi di variazione per le singole classi o alla tipologia di consumo di suolo (Figura 4).

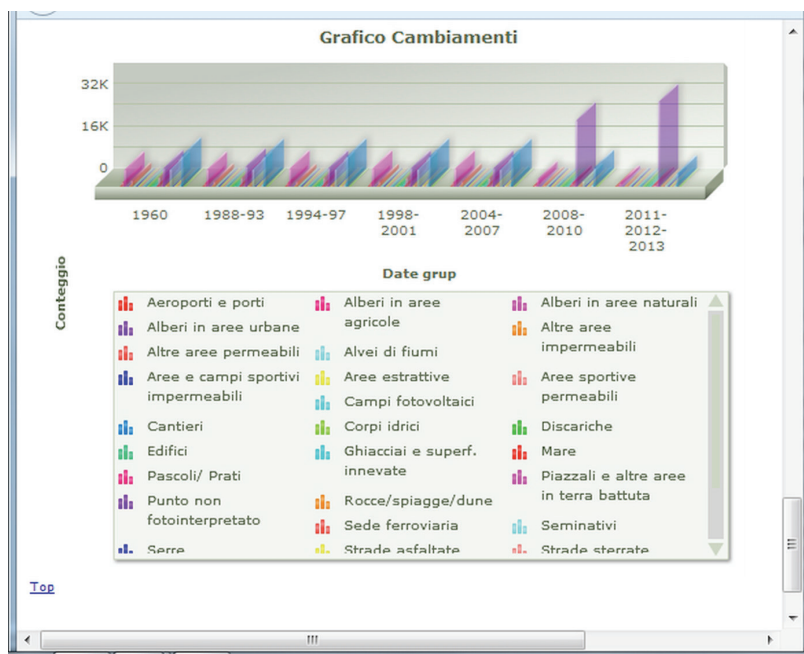



Fig. 3 – Esempio di analisi dei cambiamenti ottenuti per le diverse classi

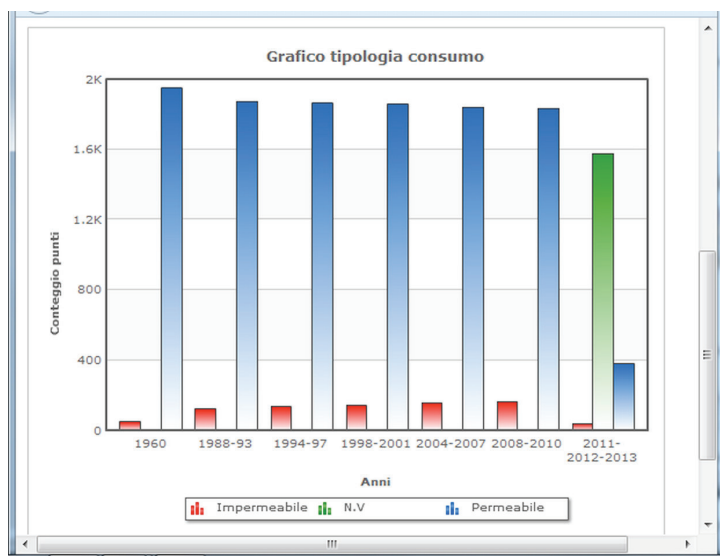



Fig. 4 – Esempio di analisi della tipologia di consumo di suolo

## 5 La validazione dei dati

Il sistema informativo è in grado anche di supportare l'attività di validazione delle informazioni raccolte attraverso l'estrazione casuale di un sottocampione, pari al 5% del totale per ogni regione da utilizzare per una nuova fotointerpretazione a maggiore scala, utilizzando anche dati ancillari e, quindi, di verificare il grado di corrispondenza dei dati derivanti dalla fotointerpretazione con quelli della validazione, valutando l'accuratezza.

In particolare, sono derivati gli indici di accuratezza globale, accuratezza per l'utilizzatore e accuratezza per il produttore, secondo le seguenti formule (APAT, 2005):

$$\text{Accuratezza globale} = N/Tot$$

dove:
N = numero di punti correttamente classificati (somma della diagonale principale della matrice d'errore);
Tot = totale dei punti.

$$\text{Accuratezza dell'utilizzatore} = a_{ii}/R_i$$

dove:
$a_{ii}$ = numero di punti correttamente classificati della classe *i*;
$R_i$ = totale della riga *i*.

$$\text{Accuratezza del produttore} = a_{ii}/C_i$$

dove:
$a_{ii}$ = numero di punti correttamente classificati della classe *i*;
$C_i$ = totale della colonna *i*.

Il grado di accuratezza ottenuto a scala nazionale valutato sul 5% dei punti è risultato pari complessivamente al 99%. A causa principalmente del minor numero di ortofoto disponibili, il valore più basso dell'accuratezza a scala nazionale (96%) è stato registrato per l'intervallo temporale 2011-2012. Complessivamente l'accuratezza è risultata molto buona anche a livello regionale. In riferimento a quella globale, è risultata pari mediamente al 98%.

## 6 Conclusioni

Dai dati ottenuti a livello nazionale si vede come in poco più di 50 anni il suolo irreversibilmente perso in Italia sia arrivato a coprire il 7% del territorio nazionale (ISPRA, 2012a, 2012b; Munafò, 2013). La crescita costante di suolo consumato nell'immediato dopoguerra trova giustificazione nella ricostruzione delle città devastate dal conflitto; successivamente il benessere, portato dal boom economico, e l'incremento della popolazione hanno fornito nuova linfa allo sviluppo di città, di infrastrutture e di poli industriali. L'aumento del consumo di suolo negli ultimi anni può difficilmente essere ricondotto a forme di crescita economica o demografica, ma trova in altre cause, legate spesso a questioni economiche e finanziarie, la sua origine (Berdini, 2010; Settis, 2010).

Nella situazione attuale, anche in considerazione della discussione in corso su una nuova norma nazionale per la limitazione del consumo di suolo, risulta di fondamentale importanza disporre di un quadro conoscitivo utile per monitorare il territorio e l'evoluzione dell'urbanizzazione e delle coperture artificiali. Inoltre, in futuro, gli strumenti presentati potranno agevolare il monitoraggio dell'attuazione della norma e il rispetto degli obiettivi di riduzione del consumo di suolo che la stessa Commissione Europea ci richiede (European Commission, 2012). In tale ottica, ISPRA in collaborazione

con il Sistema delle Agenzie Ambientali, ha definito una rete di monitoraggio del consumo di suolo in grado di valutare l'entità e la tipologia del fenomeno, permettendo di individuare le aree più critiche.

L'impiego dell'applicazione sviluppata da ISPRA permette di acquisire i dati sul consumo di suolo e di procedere quindi alla validazione e all'elaborazione degli indicatori; ciò rende confrontabili i set di dati per ogni regione o ambito amministrativo, documentando l'incidenza del consumo di suolo e indirizzando l'attenzione delle Amministrazioni competenti verso pratiche e strumenti di governo del territorio più attenti alla salvaguardia delle fondamentali funzioni del suolo e alla tutela del paesaggio e del nostro territorio.

## Bibliografia

Agapito A., Alessi E., Battisti C., Benedetto G., Bologna G., Bulgarini F., Ciacci L., Costantini M., Fantilli P., Ferroni F., Ficorilli S., Fioravanti S., Lenzi S., Martinoja D., Meregalli D., Petrella S., Pratesi I., Rocco M., Romano B., Teofili C., Tosatti V. (2009), *2009: l'anno del cemento – Dossier sul consumo di suolo in Italia.* WWF Italia, Roma.

APAT (2005), La realizzazione in Italia del progetto europeo Corine Land Cover 2000, Rapporti APAT 61/2005.

Berdini P. (2010), *Breve storia dell'abuso edilizio in Italia, dal ventennio fascista al prossimo futuro*, Donzelli editore, Roma.

Couch C., Petschel-Held G., Leontidou L. (2007), *Urban Sprawl in Europe: Landscape, Land-Use Change and Policy,* Blackwell, London.

European Commission (2012), Guidelines on best practice to limit, mitigate or compensate soil sealing, Commission staff working document. SWD(2012) 101. http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/soil_sealing_guidelines_en.pdf. (trad. it.: Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo, http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/guidelines/pub/soil_it.pdf).

Hasse J.E., Lathrop R.G. (2003), *Land resource impact indicators of urban sprawl*. Applied Geography 23, 159-175.

ISPRA (2012a), Annuario dei dati ambientali, ISPRA, Roma, http://annuario.isprambiente.it/.

ISPRA (2012b), Qualità dell'ambiente urbano – VIII Rapporto, ISPRA, Roma, http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/statoambiente/VIII_RAPP_AREE_URBANE.pdf.

Johnson D.L., Lewis L.A. (2007), *Land degradation – Creation and destruction*. Rowman & Littlefield, Lahnam.

Munafò M. (2013), Il monitoraggio del consumo di suolo in Italia, in Ideambiente 62, ISPRA, pp. 20-31, http://www.isprambiente.gov.it/files/ideambiente/ideambiente_62.pdf.

Munafò M., Ferrara A. (2012a), *Consumo di suolo: proposte di tassonomia e misura,* in *XXXIII Conferenza Italiana di Scienze Regionali – Atti*, Roma, Università Tor Vergata, pp. 38-40

Munafò M., De Pasquale V., Iasillo D., Barbieri V. (2012b), *Validazione della mappa europea delle aree impermeabili ad alta risoluzione a livello locale*, in atti della *16ª Conferenza Nazionale ASITA*, Vicenza, pp. 1013-1019.

Pileri P., Maggi M. (2010), *Sustainable planning? First results in land uptakes in rural, natural and protected areas: the Lombardia case study (Italy)*, Journal of Land Use Science, 5: 2, 105-122.

ROMANO L., MUNAFÒ M. (2005), *Carta nazionale dell'impermeabilizzazione dei suoli*, in atti della *9ª Conferenza Nazionale ASITA*, Catania, pp. 1763-1768.

SCALENGHE R., AJMONE MARSAN F. (2009), *The anthropogenic sealing of soils in urban areas*, in «Landscape and Urban Planning», XC, n. 1-2, pp. 1-10.

SETTIS S. (2010), *Paesaggio Costituzione Cemento. La battaglia per l'ambiente contro il degrado civile*, Einaudi, Torino.

# ANALISI METRICA IN AMBIENTE DIGITALE DI DUE CARTE PREGEODETICHE COEVE CONDOTTA CON METODOLOGIE NON CONVENZIONALI

# *METRIC ANALYSIS IN A DIGITAL ENVIRONMENT OF TWO CONTEMPORARY PRE-GEODETIC MAPS BY MEANS OF UN-CONVENTIONAL METHODOLOGIES*

**Gabriele Bitelli*, Stefano Cremonini**, Giorgia Gatta***

## Riassunto

La cartografia storica digitalizzata e opportunamente georeferenziata risulta uno strumento fondamentale per l'analisi quantitativa dell'antico assetto del territorio e per lo studio delle relative dinamiche evolutive. Purtroppo però, la georeferenziazione non è sempre immediata per via di varie deformazioni contenute nelle carte, particolarmente quelle pregeodetiche. In questi casi risulta indispensabile una analisi metrica preventiva degli esemplari per l'individuazione delle principali problematiche presenti, analisi che può essere condotta con i moderni approcci digitali e supportata quando possibile da uno studio delle tecniche e delle strumentazioni di rilievo adottate dai cartografi autori.

Il presente lavoro riguarda l'analisi di due carte coeve dell'area deltizia del fiume Po, redatte alla fine del XVI secolo da Ottavio Fabri (forse inventore della squadra zoppa, strumento la cui costruzione ed il cui utilizzo sono descritti in un manuale tecnico redatto dal medesimo), che in uno dei due esemplari ha operato insieme al collega Gerolamo Pontara. Sulla base delle informazioni deducibili sia dal manuale del Fabri sia dalle carte analizzate, nonché da un ulteriore esemplare redatto dai medesimi autori, è possibile ipotizzare che il rilievo sia stato sviluppato per sub-aree, rilevate con differenti metodi e strumenti, e forse anche in tempi differenti. Ciò suggerisce la necessità di adottare modalità non convenzionali per l'analisi e la georeferenziazione degli originali cartografici, per un'affidabile utilizzazione del prodotto-derivato ai fini di ulteriori studi territoriali di tipo geo-ambientale o storico ed economico in senso stretto.

***Parole chiave:*** cartografia pregeodetica, delta del Po, antiche tecniche di rilievo, georeferenziazione non-standard, strumenti digitali moderni

## *Abstract*

*Digitized and georeferenced historical cartography is a fundamental tool for quantitative analysis and study of the ancient territory and its dynamics. Unfortunately, the georeferencing process is not*

* Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM) – Università di Bologna, viale Risorgimento 2, 40136 Bologna; *gabriele.bitelli@unibo.it; giorgia.gatta@unibo.it*

* Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche ed Ambientali (BiGeA) – Università di Bologna Via Zamboni 67, 40126 Bologna; *stefano.cremonini@unibo.it*

*always immediate due to some deformations that can affect the maps, especially the pre-geodetic ones. Therefore, in these cases most of all, a preventive metric analysis of the maps, combined with recognition of deformations, results necessary; the task can be performed by means of modern digital tools, and supported from preliminary studies on the original surveying instruments and methods.*
*In this study, two contemporary late sixteenth century map of the Po delta area (Italy) are analyzed; they were made by Ottavio Fabri (author of a technical book, in which he describes construction modalities and use of the* squadra zoppa, *a mobile square maybe invented by him), with the colleague Gerolamo Pontara in one of the two samples. On the basis of information that can be deduced from the manual, and these maps and another map made by the same authors, a multi-stage survey can be inferred; in this case the survey could have be done in sub-areas, where different methods and instruments were used, maybe in different times. The fact suggests the necessity of adopting non-conventional modalities for the georeferencing of the map samples; in this way the new products can be effectively used for territorial researches of geo-environmental, historical and economic significance.*
**Keywords:** *pre-geodetic cartography, Po river delta, ancient surveying methods, non-standard georeferencing, modern digital tools*

## 1. Introduzione

Il vasto patrimonio cartografico antico (carte, atlanti geografici, planisferi, mappamondi), prodotto nel corso dei secoli e oggi conservato in tutto il mondo presso numerose istituzioni e singoli privati, rientra a pieno diritto nella classe dei Beni Culturali storici in considerazione del suo straordinario valore storico, artistico e documentario. Il valore documentario, in particolare, è legato al fatto che la cartografia antica contiene informazioni di carattere qualitativo e quantitativo essenziali per molte analisi territoriali diacroniche, in particolare per studi geomorfologico-evolutivi del paesaggio o studi urbanistici.

Non è tuttavia possibile considerare la cartografia antica, in particolar modo quella pregeodetica, alla stregua di quella moderna (Tobler, 1965; Livieratos, 2006). Ciò dipende dal differente livello di conoscenze tecnico-scientifiche del passato, che non vedeva ancora la disponibilità di metodi matematici e strumenti di rilievo e disegno caratterizzati da precisioni paragonabili a quelle degli omologhi attuali utilizzati per generare cartografia di scala simile: solo più tardi infatti giungerà a maturazione la coscienza della necessità di rigore metrico ed oggettività quali caratteri fondanti della produzione cartografica. Agli errori indotti da tali carenze, altri possono aggiungersi, quali quelli dovuti alle deformazioni del supporto cartaceo intervenute nel tempo (dovute a invecchiamento dei materiali o a pesanti interventi di restauro eseguiti nel passato), a particolari tipi di rappresentazione, alle alterazioni volontarie del disegno introdotte dai cartografi, agli errori legati alla fase di copiatura degli esemplari, e così via.

Per tutti questi motivi, la cartografia antica può risultare non sempre direttamente utilizzabile per studi di tipo quantitativo. Per estrapolare informazioni storiche verosimili e dati quantitativi, risulta quindi necessario uno studio preliminare circa le modalità di rilievo adottate ed il tipo di strumentazione impiegata dall'autore, nonché il contesto storico-culturale e socio-politico in cui ha avuto origine l'esemplare cartografico. Risulta fondamentale, a tale scopo, una lettura attenta del cartiglio spesso posto a corredo della carta, così come di documentazione storica coeva di corredo, come manuali tecnici di rilievo e rappresentazione utilizzati all'epoca, libretti di campagna, mandati e relazioni sull'esecuzione dei lavori. Si tratta di materiale, soprattutto quest'ultimo, di difficile reperimento, in molti casi non più esistente in quanto ritenuto superfluo dopo la produzione del relativo elaborato cartografico.

I moderni strumenti digitali possono notevolmente aiutare nell'analisi della qualità metrica dei documenti cartografici antichi, opportunamente convertiti in forma digitale. La conversione in ambiente digitale dei documenti diventa così non solo un modo per proteggere il patrimonio storico-culturale dall'effetto deleterio del tempo e diffonderlo attraverso i canali informatici, ma anche una via per analizzare la cartografia in maniera più dettagliata, e quindi utilizzarla più efficacemente per studi geomorfologico-evolutivi o urbanistici, rendendola disponibile per nuove applicazioni (es. Guerra et al., 2001; Bitelli e Gatta, 2011). L'uso dei moderni strumenti digitali per l'analisi della qualità metrica del documento antico viene indirizzato dallo studio preliminare a cui si è accennato. Tra le modalità più diffuse di analisi vi sono la georeferenziazione e l'analisi metrica delle deformazioni del documento cartografico (Jenny e Hurni, 2011), che in questo lavoro vengono applicate al caso di due carte coeve tardo-cinquecentesche, e completate da alcune tecniche non convenzionali di georeferenziazione.

## 2. Oggetto di studio

Oggetto del presente studio è costituito da due carte del 1592 che rappresentano l'area deltizia del fiume Po, a sud della laguna veneta, per un'estensione di circa 700 km$^2$ (Figura 1). Di entrambe è autore Ottavio Fabri (1544/1545-1612), perito ed ingegnere al servizio dell'antica Repubblica di Venezia (Panepinto, 2009), in una delle due assieme al collega Gerolamo Pontara, perticatore e perito alle acque. Le carte sono di notevoli dimensioni (circa 3,5x2,5 m la prima, circa 2,9x1,6 m la seconda), orientate con l'ovest in alto, e il lato maggiore in direzione N-S. Solo la prima carta riporta una scala grafica di 1.000 pertiche padovane (equivalenti a 2144,365 m), sulla base della quale si può stimare una scala media dell'elaborato di circa 1:11.000. Al centro di questa carta, una rosa dei venti finemente decorata indica il nord magnetico, mentre analoga indicazione è assente sulla seconda carta.

I documenti, presumibilmente esemplari unici, costituiti da un assemblaggio di fogli su un supporto di tela, sono oggi conservati presso l'Archivio di Stato di Venezia (Ottavio Fabri, *Delta del fiume Po*, 1592. *Savi ed esecutori delle acque, serie Po,* dis. 9bis, nel seguito indicata come Carta F; Gerolamo Pontara e Ottavio Fabri, *Delta del fiume Po*, 1592. *Savi ed esecutori delle acque, serie Po,* dis. 8, nel seguito indicata come Carta P&F). Ai fini del presente studio, ci si è avvalsi di copie digitali eseguite dalla Sezione di Fotoriproduzione dell'Archivio di Stato in Venezia, precisamente: una copia ad alta risoluzione per la Carta F, ottenuta mediante scanner per documenti di grande formato, ed una riproduzione fotografica a risoluzione inferiore per la Carta P&F, a causa del cattivo stato di conservazione del supporto che attualmente non consente la digitalizzazione a risoluzione maggiore (Bitelli et al., 2012, figg. 1a e 1b). Il primo documento è stato inoltre oggetto di ricognizione autoptica da parte degli scriventi presso la sede archivistica. Ai fini del seguente studio, sono state utilizzate delle restituzioni vettoriali, ottenute riproducendo i principali elementi topografici delineati in carta (Figura 1).

La redazione di questi documenti è legata all'opera di censimento dei propri territori da parte della Repubblica di Venezia all'epoca della sua massima espansione, dipendentemente dalla necessità di disporre di una rappresentazione cartografica quanto più possibile dettagliata dei territori soggetti ad imposizione fiscale. In particolare, le Carte F e P&F furono frutto dei numerosi sopralluoghi effettuati nel delta in vista della realizzazione dell'intervento di diversione noto come *Taglio di Porto Viro*. Già da anni (il primo progetto risale al 1556) Venezia stava pensando di creare un taglio per indirizzare le acque del Po di Tramontana verso sud, per ovviare al possibile interrimento della laguna, legato al consistente apporto sedimentario di Po e alla deriva litorale meridionale, con notevole detrimento per i traffici commerciali marittimi della Serenissima. Per eseguire i sopralluoghi per la realizzazione del *Taglio* vennero chiamati a lavorare, per conto della Repubblica, diversi periti ("Savi ed Esecutori delle Acque"), tra i quali, appunto, Fabri e Pontara. La diversione fu eseguita nell'arco di 4 anni, tra

il 1600 e il 1604. L'opera, all'avanguardia per i tempi, consisteva in un canale lungo 7 km, tra Porto Viro e la vecchia *Sacca di Goro*, a nord di Mesola; questo intervento e altri che si succedettero nel corso di tutto il '600 innescarono lo sviluppo del delta attuale, inducendo in breve volgere di tempo l'interrimento della vecchia *Sacca di Goro* (antesignana dell'attuale), ed il parallelo sviluppo della *Sacca dell'Abate* (moderna *Sacca di Goro*). Con il *Taglio di Porto Viro* svanì anche il timore dei Veneziani per l'uso che i Ferraresi avrebbero potuto fare del Castello di Mesola, e per la possibile costruzione di un porto franco nella vecchia Sacca di Goro (Cornaro, 1988; Tchaprassian, 2004; Cazzola, 2010).

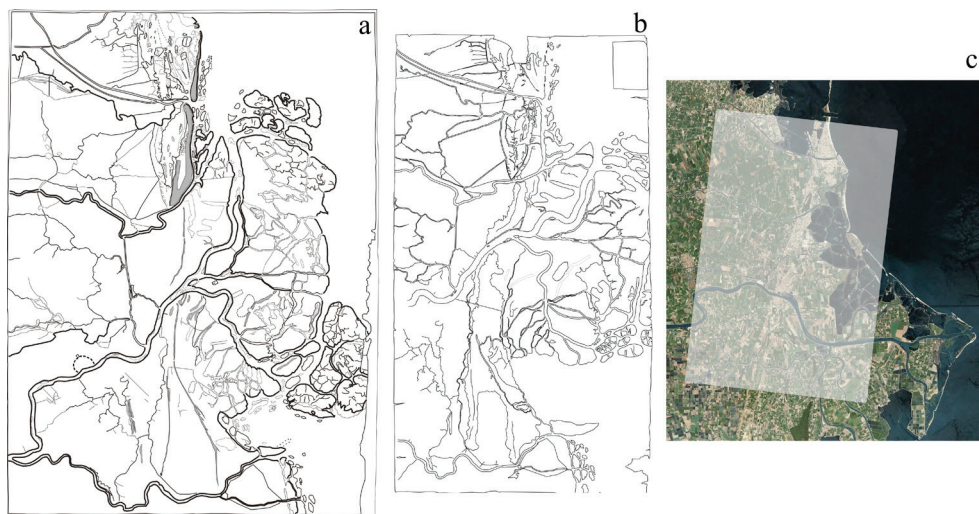



Fig. 1 – *Restituzione vettoriale delle Carte F (a) e P&F (b), ruotate rispetto agli originali (N in alto); c) immagini satellitari moderne (ambiente BingMapsTM) con riquadrata l'area oggetto di studio.*

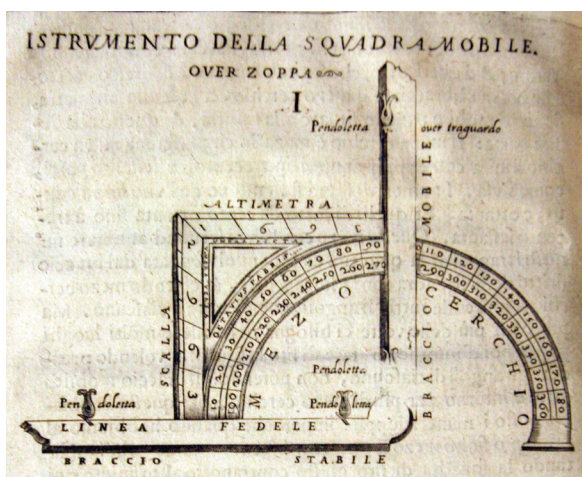



Fig. 2 – *Prospetto della squadra mobile (o zoppa) illustrata da Fabri nel proprio manuale (edizione conservata presso la Biblioteca G.P. Dore dell'Università di Bologna).*

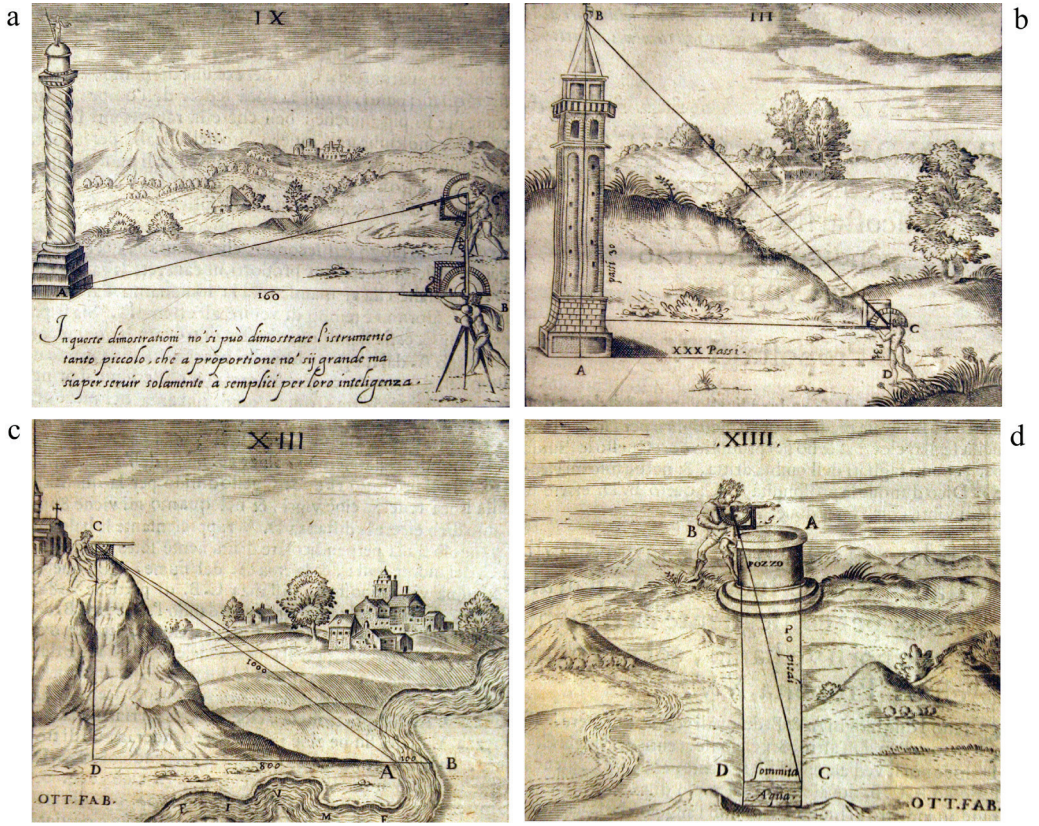
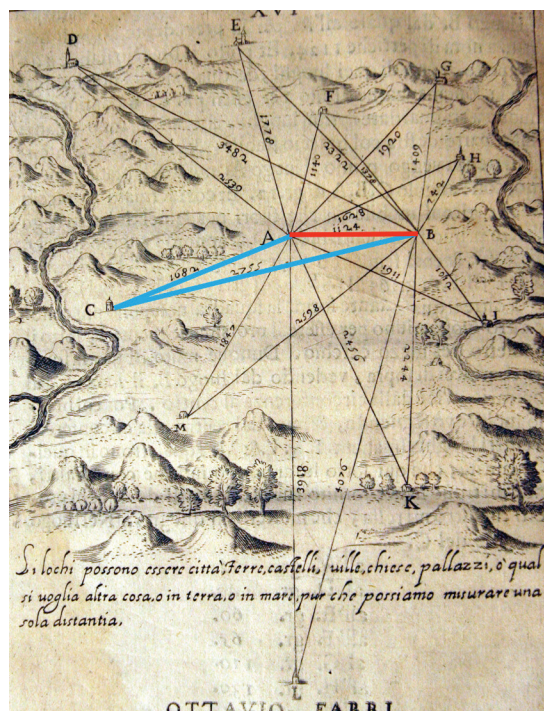



Fig. 3 – *Alcune tipologie di misure effettuabili con la squadra zoppa illustrate nel manuale del Fabri (op.cit.): a) distanze; b) altezze; c) larghezza di argini; d) profondità.*

Descrivendo un periodo cruciale nella storia evolutiva del sistema deltizio del fiume Po, quello in cui il vecchio sistema lobato sarebbe venuto a mancare, sostituito dall'attuale (Furlanetto, 2004; Cremonini e Samonati, 2009), le due carte in esame risultano estremamente importanti in un'ottica analitica geoambientale. Ma è proprio il fatto di rappresentare zone che hanno subito radicali mutamenti fisiografici a costituire il principale ostacolo all'analisi stessa, poiché vari tratti del paesaggio rappresentati nelle carte non sono più rintracciabili oggi sul terreno, a causa dell'erosione costiera sviluppatasi nei decenni immediatamente successivi all'esecuzione della diversione fluviale. A rendere ulteriormente complessa l'analisi concorre anche il fatto che le due Carte F e P&F rappresentano gli stessi dettagli morfologici in modo simile ma con differenze consistenti proprio nelle aree nelle quali oggi sono scomparse quelle configurazioni fisiografiche (Cremonini e Samonati, 2009).

In virtù del fatto che sono stati redatti nello stesso anno e dallo stesso autore, per rappresentare la medesima porzione di territorio, i due esemplari cartografici costituiscono uno stimolante caso di studio, più unico che raro. Ulteriore elemento di eccezionalità è poi costituito dal fatto che il cartografo-capo, Ottavio Fabri, sia anche autore di un manuale tecnico di rilievo, *L'uso della squadra mobile*, dato alle stampe nel 1598, cioè sei anni dopo l'esperienza di redazione delle carte qui esami-

nate. È giocoforza pensare che tale manuale, redatto dall'autore all'età di oltre 50 anni, rappresenti di fatto una sorta di *summa* delle esperienze tecniche maturate negli anni di pratica professionale, probabilmente culminata proprio con la redazione della Carta F. Nel suo manuale il Fabri illustra la costruzione e l'utilizzo della *squadra mobile* o *squadra zoppa* (Figura 2) a fini di rilievo, di misura di angoli, distanze, altezze e profondità (Figura 3), oltre che per il riporto in carta delle misure effettuate in campagna (Fabri, 1673). Qui egli sostiene di essere l'inventore di tale strumento, assunto recentemente messo in dubbio da una possibile attribuzione a Marc'Antonio Gandino, maestro del Fabri (Panepinto, 2009). L'opera del Fabri resta comunque fondamentale per la funzione divulgativa delle modalità costruttive ed operative della squadra zoppa, che funse da modello per generazioni di strumenti per il rilievo topografico nei due secoli successivi, durante i quali, non a caso, seguirono altre cinque edizioni del manuale.

Nel volume l'autore illustra anche le modalità esecutive del rilievo del territorio assumendo come elemento iniziale di appoggio una "base" di lunghezza nota (Figura 4: AB), preliminarmente misurata tramite *pertegadura* (canneggiamento), dai cui due vertici, sufficientemente alti sul piano campagna, sia possibile collimare punti circostanti, ben distinguibili da entrambi gli estremi della base, quali «*Torri, Campanili, Fabriche, Arbori, o altra cosa eminente*» (Fabri, 1673, pag. 26). Le misure eseguite con lo strumento sono in questo caso di tipo azimutale, avendo come riferimento la congiungente il vertice di stazione (A o B) su cui si trova l'operatore con un qualsiasi punto (C) del piano di campagna. Tramite

- A, B = punti di stazione
- AB = base nota
- AC, BC = direzioni di riferimento
- CAD, CAE, ..., CBD, CBE, ... = angoli misurati

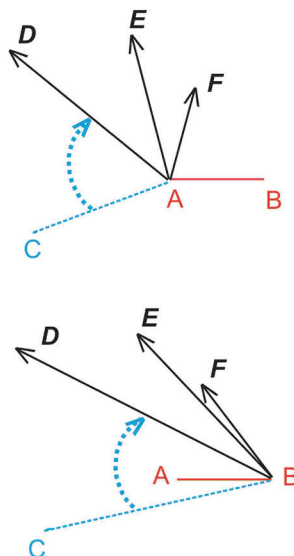



*Fig. 4 – Schema esplicativo del metodo dell'intersezione in avanti illustrata nel manuale del Fabri (op. cit.).*

il medesimo strumento e nello stesso modo in cui le misure sono state effettuate in campagna, esse vengono successivamente riportate in carta. Notevole il fatto che nel manuale il Fabri non accenni mai esplicitamente a misure di orientamento rispetto al nord magnetico, da eseguirsi con *il bossolo* (la bussola), benché queste risultino necessarie per individuare la direzione della base e quindi per la costruzione dell'intero impianto grafico, come chiaramente affermato da altri autori dell'epoca (Bartoli, 1564). Sembrerebbe quasi che egli privilegi esclusivamente i traguardi ottici, al fine di contenere entità e propagazione degli errori. Forse è proprio a tale aspetto che potrebbe ricollegarsi una parte delle questioni tuttora non chiarite concernenti i dettagli costruttivi della carta.

Al proposito, Bitelli et al. (2012) hanno cercato di porre in evidenza una multiforme semiologia conservata nelle carte oggetto della presente analisi, in parte legata alla fase di rilievo e costruzione delle carte stesse. Nella Carta F, in particolare, si rileva la presenza di un reticolo a maglia quadra, con lato pari a metà della lunghezza della scala grafica (poco più di 1 km), esteso all'intera carta. Esso inoltre pare intrattenere un complesso rapporto cronologico relativo sia con la vestizione cromatica della carta (acquerello) – talvolta di posteriorità e forse in alcuni casi anche di anteriorità – sia con la fase di assemblaggio generale dei singoli fogli – anteriorità (cfr. dislocazione delle linee del reticolato) – suggerendone un carattere in qualche misura sin-redazionale. Dubbia resta quindi la reale destinazione d'uso del reticolo: se strumento d'ausilio alla fase di disegno originale, od eventuale mero reticolo di riduzione per la restituzione di copie scalate (di cui peraltro non si ha notizia).

## 2.1. Problematiche intrinseche agli esemplari esaminati

La possibilità di disporre del manuale tecnico redatto dal perito rilevatore rappresenta la chiave di partenza per lo studio degli esemplari cartografici, la Carta F in primis. Una seconda, più diretta, fonte di informazioni è costituita dalle indicazioni riportate nel cartiglio (Bitelli et al., 2012, figg. 5a e 5b). Purtroppo la lettura del cartiglio per la Carta P&F non risulta possibile, data la bassa risoluzione dell'immagine attualmente disponibile e la concomitante impossibilità di un esame autoptico; appare comunque quantomeno curioso il fatto che la decorazione di tale cartiglio risulta chiaramente incompleta, come se non fosse stato utile o possibile completare il prodotto. Nel cartiglio della Carta F, invece, l'autore asserisce esplicitamente trattarsi di un «*Disegno fatto da me Ottavio Fabri* […] *qvasi tutto tratto da me* [...] *et alcune parte cavata d'altri dissegni*». Questa affermazione indica chiaramente che il disegno è il risultato di differenti rilievi parziali variamente scaglionati nel tempo quanto ad esecuzione (fatto ampiamente ragionevole e pronosticabile in considerazione dell'elevata estensione territoriale rappresentata nell'elaborato), e probabilmente effettuati per mano di differenti operatori. Inoltre, poiché il territorio complessivamente rappresentato nella carta era certamente caratterizzato da zone con estensione e morfologia differenti, e quindi con numero ed entità variabili di punti-stazione disponibili (ad esempio nelle aree deltizie di più recente genesi), è molto probabile che si siano rese necessarie differenti tecniche di rilievo specifiche per ogni zona, accoppiando l'uso della squadra zoppa a metodi di rilievo più semplici. Ad avvalorare tale ipotesi concorre il fatto che in una carta rappresentante i medesimi territori delle precedenti ma di pochi anni successiva a quelle, redatta dagli stessi Fabri e Pontara, assieme ad altri colleghi tra cui l'ingegnere fiorentino Bonaiuto Lorini (Bitelli et al., 2012, figura 1c), si dichiara esplicitamente che il disegno è stato ricavato «*con le debite misure, venti, et scandagli,* […] *con traguardi, et intersezioni de venti con la bussolla, et parte cavate da disegni vecchi*».

Tutto ciò ha certamente contribuito ad introdurre nei documenti errori forse anche consistenti, che è necessario tentare di individuare. In tal senso diviene allora fondamentale capire in che modo sia avvenuta l'operazione di "assemblaggio" dei differenti rilievi e delle varie fonti cartografiche pree-

sistenti, e come questa abbia influito sulla qualità metrica delle carte nel loro complesso. Per raggiungere tale scopo, le carte sono state oggetto di varie analisi ed elaborazioni in ambiente digitale, di cui nel seguito si illustrano i risultati più significativi.

## 3. Analisi delle carte in ambiente digitale

### 3.1. Georeferenziazione delle carte e analisi delle deformazioni

L'analisi di una carta antica in ambiente digitale consiste sia nel suo confronto con la realtà cartografica attuale, al fine di valutare le trasformazioni del territorio intervenute, sia nella valutazione del suo livello di qualità metrica, risultando questo diverso e generalmente inferiore rispetto ai canoni moderni. Ordinariamente l'operazione di confronto si concreta nella "georeferenziazione" della carta, vale a dire l'assegnazione, allo spazio immagine del file che la rappresenta, di coordinate in un sistema di riferimento oggetto, solitamente cartografico. Il processo si realizza mediante due passaggi fondamentali, al termine dei quali si dispone di una immagine nuova (in termini quantitativi e anche qualitativi) della carta: i) calcolo dei parametri di una appropriata trasformazione geometrica tra sistema-immagine e sistema-oggetto di riferimento, note le coordinate di un certo numero di punti di controllo a terra (GCP: *Ground Control Point*) nei due sistemi; ii) successivo ricampionamento, una volta applicati i parametri di trasformazione calcolati nella fase precedente a tutti i pixel dell'immagine. Alla fine del processo l'immagine ricampionata, più o meno percettibilmente deformata rispetto all'immagine originale – e in modi diversi a seconda del tipo di trasformazione adottata –, risulterà sovrapponibile alla cartografia di riferimento, e quindi utilizzabile come layer cartografico in ambiente GIS (*Geographic Information System*), consentendo in tal modo una serie di ulteriori analisi.

Se al processo di calcolo dei parametri della trasformazione non si fa seguire quello di ricampionamento, è possibile, con l'ausilio di specifici tool digitali (Jenny e Hurni, 2011), visualizzare sull'immagine originale la deformazione insita nella carta antica, ad esempio tramite reticoli che rappresentano la rotazione e la deformazione che assumerebbe la carta attuale per adattarsi all'antica, o tramite linee a scala costante (non essendo costante, di norma, la scala nell'elaborato cartografico originale).

Nello specifico caso in esame, sono stati riconosciuti circa 80 GCP sia sulle carte storiche sia sull'attuale cartografia IGM 1:25.000, la quale ha permesso di ricavare le relative coordinate nel sistema UTM-ED50 fuso 33. Sulla scorta dei GCP determinati sono stati testati diversi tipi di trasformazione, sia locali sia globali (Bitelli et al., 2009). In Tabella 1 si riportano i risultati della georeferenziazione mediante applicazione di trasformazioni polinomiali di 2° ordine, in termini di residui e di errore quadratico medio (RMS, *Root Mean Square*): in essa è possibile notare come l'errore medio sia simile per le due carte, anche se è differente il rispettivo range dei residui. Al fine di esaminare nel dettaglio le aree contraddistinte da alti valori di residui in uscita dal processo di georeferenziazione, è stata condotta una analisi delle deformazioni sulla base degli stessi GCP utilizzati per la georeferen-

| Carta | F | P&F |
|---|---|---|
| Range dei residui [m] | 18 ÷ 1.320 | 85 ÷ 1.650 |
| RMS [m] | 588 | 588 |

*Tab. 1 – Scarti quadratici medi da georeferenziazione delle Carte F e P&F, mediante applicazione di trasformazioni polinomiali di 2° ordine.*

ziazione: sulla Carta F, in particolare, si sono evidenziate due aree di forte, "anomala" deformazione, situate lungo la zona costiera rispettivamente a nord e a sud del delta padano rinascimentale (Figura 5). Come si può notare, la scala varia considerevolmente all'interno delle carte: 1:14.300÷1:10.300 nella Carta F, 16.600÷10.200 nella Carta P&F.

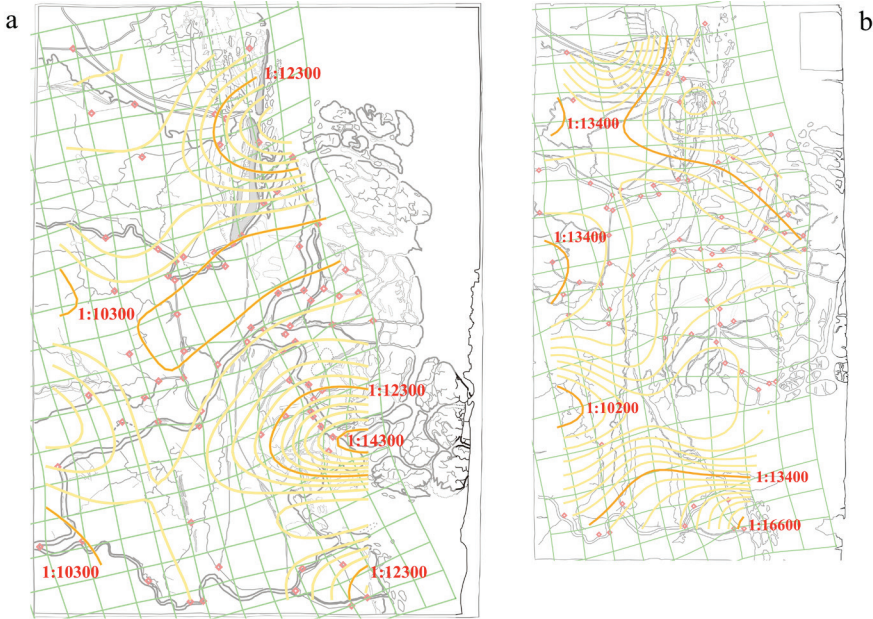



*Fig. 5 – Risultato dell'analisi della deformazione nella Carta F (a) e nella Carta P&F (b): reticolato chilometrico UTM-ED50 deformato (in verde, passo 2 km) e isolinee di scala (in giallo e arancione, passo 1:400).*

## 3.2. Tecniche di georeferenziazione "non-standard: un nuovo approccio allo studio delle carte

Per approfondire ulteriormente l'analisi, è possibile sfruttare metodologie di referenziazione "non-standard", applicabili sfruttando gli stessi strumenti digitali di georeferenziazione ma secondo modalità differenti da quelle classiche (Gatta, 2011). Può ad esempio risultare utile una "co-registrazione" delle due carte antiche, consistente nel referenziare una carta rispetto l'altra, evidenziando così le aree di dissomiglianza tra le due carte coeve. In Figura 6 si riportano i risultati della referenziazione della Carta F sulla Carta P&F in termini di residui, visualizzati mediante mappatura sulla Carta F (utilizzando una scala cromatica entitaria), e successiva loro interpolazione in un modello tridimensionale. Si può notare come in quest'ultimo risaltino le due aree di deformazione "anomala" tipiche della Carta F di cui al paragrafo precedente.

I risultati ottenuti, assieme alle indicazioni suggerite dal cartiglio e dal manuale dell'autore, hanno contribuito a rafforzare l'ipotesi che la rappresentazione del territorio in carta non sia stato frutto di un rilevamento omogeneo, bensì organizzato per sub-aree ed eseguito in periodi differenti e/o per mano di persone differenti. È lecito ipotizzare che per il rilievo dell'ambito centrale delle carte sia

stato utilizzato il metodo dell'intersezione in avanti illustrata dal Fabri (Figura 4), a partire da una base AB inevitabilmente identificabile con la congiungente geometrica dei centri abitati di Loreo (il cui toponimo, a differenza di altri, in Carta F risulta finemente decorato) e di Tornova, visualizzata fisicamente dal rettilineo del canale navigabile della *Rettinella*. Nei paesi di Loreo e Tornova sono ancora oggi presenti due campanili, alti rispettivamente circa 20 m e 9 m, dalla cui sommità poteva essere traguardato un consistente novero di altri punti ben distinguibili, poi destinati al riporto in mappa secondo la metodologia illustrata dal Fabri

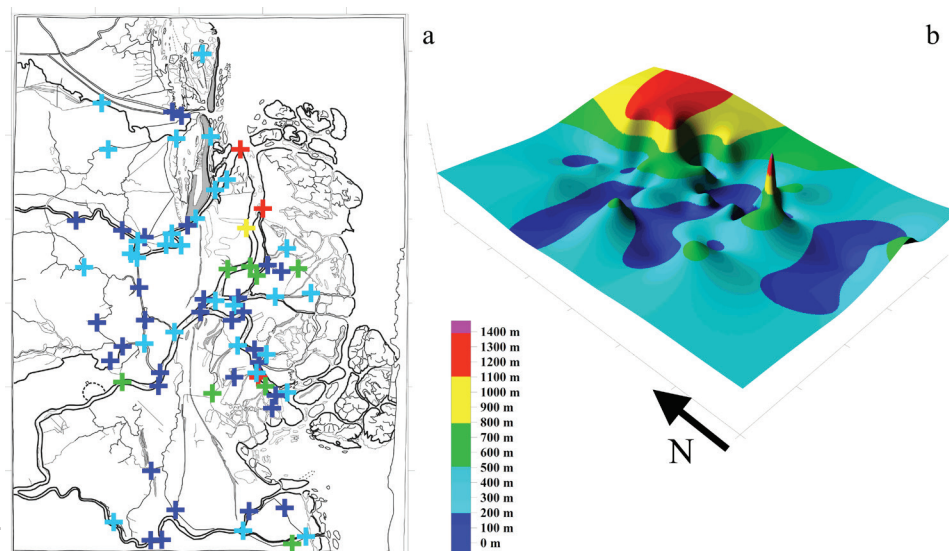



*Fig. 6 – Mappatura dei residui (a) derivanti dalla "co-registrazione" della Carta F sulla Carta P&F (secondo una scala cromatica entitaria), e loro interpolazione in un modello tridimensionale (b).*

Considerando che nel periodo storico di redazione i traguardi erano eseguiti semplicemente ad occhio nudo, e che un valore ragionevolmente accettabile per la massima distanza traguardabile – tenute in debito conto le caratteristiche eco-ambientali del paesaggio locale – risulta pari a 8-9 km (figura 3), è lecito ipotizzare che l'area rilevabile per intersezione in avanti a partire dalla *Rettinella*, intesa come base AB, non coprisse l'intera estensione del territorio rappresentato nelle carte. È pertanto possibile ipotizzare che la restituzione dell'intero territorio abbia previsto l'applicazione della stessa modalità di rilievo a differenti sub-aree secondo la metodologia complessiva già illustrata, o di altre modalità di rilievo ma con raccordo finale alla sub-area principale mediante traguardi reciproci (Figura 7). In particolare, oltre al dominio di rilievo principale incentrato sulla *Rettinella*, potrebbero essersi rese necessarie altre tre sub-aree operative oltre alla principale: una a nord del dominio principale, dove potrebbe essere stata utilizzata una tecnica di intersezione all'indietro; una a sud, dove potrebbe essere stata individuata una base di riferimento ausiliaria per effettuare un rilievo per intersezione in avanti; ed infine l'area costiera, ad est, in cui fu probabilmente utilizzata una tecnica di rilievo più semplice, basata su tracciati fisicamente percorribili coincidenti con le rive dei corsi d'acqua, come esplicitamente testimoniato dalla sopra menzionata Carta di Lorini et al. del 1599 (Bitelli et al., 2012,

figura 7). Tale ultima tecnica ("per punti") potrebbe in parte giustificare gli alti valori dei residui di georeferenziazione registrati nelle aree costiere.

Sulla base di queste ipotesi interpretative, è stato effettuato un test, consistente in una "georeferenziazione a zone", eseguita cioè trasponendo sulle carte originali le quattro sub-aree ipotizzate, e georeferenziando ognuna di esse separatamente, tramite i GCP di pertinenza. In tale test l'applicazione di trasformazioni geometriche semplici come la conforme o l'affine fa sì che in fase di ricampionamento le quattro pertinenze vengano deformate il meno possibile, permettendo in tal modo di valutare quanto queste approssimino o meno la realtà dei dettagli fisici del territorio ancor oggi conservati nel paesaggio attuale e di analizzare in che modo ogni sub-area rototrasli rispetto alle contermini. Per meglio evidenziare l'effetto della trasformazione e le reciproche differenze tra le aree ricampionate (identificate dal rispettivo punto cardinale e da un diverso colore ciascuna), sulle carte è stato preventivamente sovraimposto un reticolo di riferimento a maglia quadrata di lato pari a circa 1 km (Figura 8). Nella Tabella 2 vengono riportati i valori del fattore di scala e dell'angolo di rotazione delle carte rispetto al nord cartografico, calcolati per ogni sub-area e per le carte intere, attraverso trasformazioni affini a 6 parametri.

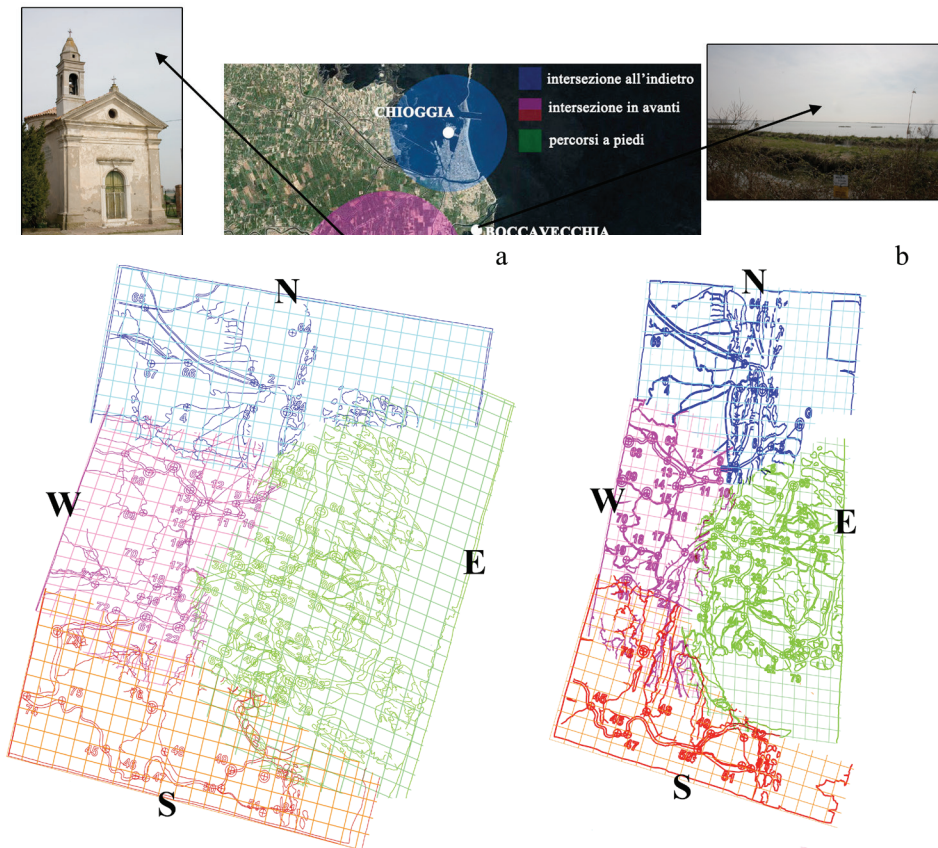



*Fig. 8 – Risultato della "georeferenziazione a zone" delle Carte F (a) e P&F (b). Ad ognuna delle 4 sub-aree è stato attribuito uno specifico colore, come in Figura 7: N = blu, W = viola, S = rosso, E = verde.*

| | | SUB-AREE DI GEOREFERENZIAZIONE | | | | CARTA |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | N | W | S | E | |
| CARTA F | N° GCP | 9 | 23 | 13 | 34 | 79 |
| | FATTORE DI SCALA MEDIO | 10.900 | 10.400 | 10.700 | 10.700 | 10.600 |
| | ANGOLO DI ROTAZIONE ANTIORARIO [°] | 9,8 | 18,3 | 15,5 | 16,3 | 15,7 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO [m] | 298 | 445 | 612 | 570 | 419 |
| CARTA P&F | N° GCP | 12 | 19 | 10 | 30 | 72 |
| | FATTORE DI SCALA MEDIO | 12.700 | 13.400 | 14.100 | 11.700 | 12.000 |
| | ANGOLO DI ROTAZIONE ANTIORARIO [°] | 9,0 | 9,9 | 17,0 | 2,9 | 8,9 |
| | SCARTO QUADRATICO MEDIO [m] | 1.088 | 442 | 815 | 540 | 694 |

*Tab. 2 – Valori del fattore di scala e dell'angolo di rotazione rispetto al nord cartografico, calcolati per le sub-aree di Figura 8 e per l'intera carta.*

È bene precisare che la georeferenziazione di aree di estensione minore di quella dell'intero documento cartografico originale permette di evitare la ripartizione degli errori su tutti i GCP, caratteristica invece delle trasformazioni geometriche globali. L'analisi dei residui delle singole georeferenziazioni permette di valutare la qualità della rappresentazione cartografica delle specifiche sub-aree, e di individuare in tal modo zone critiche caratterizzate da alti valori dei residui. Occorre comunque tener presente che la scelta a priori di quali GCP ritenere pertinenti alle differenti aree incide in qualche misura sul risultato finale. Tuttavia questo procedimento è in grado di evidenziare un'eventuale concordanza di scala ed angolo di rotazione tra le varie sub-aree, indice di un prodotto cartografico complessivo caratterizzato da elevata precisione ed uniformità di scala.

## 4. Discussione

La georeferenziazione e l'analisi delle deformazioni per le due carte in esame hanno messo in luce alcune problematicità degli esemplari, che quindi sono state indagate in modo più approfondito con l'ausilio di tecniche di referenziazione non-standard. La prima di queste, consistendo in una co-registrazione tra le due carte antiche, i risultati della quale sono stati visualizzati in modo intuitivo attraverso una rappresentazione tridimensionale (Figura 6), ha evidenziato in modo chiaro tali problematicità, avvalorando l'ipotesi di un rilievo per sub-aree e risultando quindi propedeutica all'analisi successiva.

I risultati della georeferenziazione a zone hanno evidenziato andamenti (in termini di scala e angolo di rotazione) leggermente differenti per le varie sub-aree identificate. Mentre nella Carta F la scala è abbastanza costante e simile al valore medio calcolato per l'intera carta, per la Carta P&F essa è molto variabile da zona a zona (come messo in luce dai risultati di Figura 5, ed evidenziato in Figura 8 dalla diversa deformazione subita dalle singole aree), e si discosta dal valore medio in particolare per la zona S, che, anche per quanto riguarda l'angolo di rotazione, presenta uno scostamento abbastanza rilevante rispetto al valore medio. Inoltre, per entrambe le carte viene messa in luce una non buona corrispondenza reciproca delle aree N ed E; ciò è visibile molto chiaramente per la Carta F dallo scostamento in corrispondenza del gruppo di isole settentrionali (Figura 8a), dove anche i residui della referenziazione della Carta F sulla Carta P&F erano apparsi molto elevati (Figura 6). Una possibile spiegazione di questo fatto è stata avanzata da Bitelli et al. (2012, figura 13), che hanno suggerito la presenza di una pesante correzione intenzionale dell'autore, effettuata traslando verso nord un intero gruppo di isole, per mascherare una precedente versione del disegno.

Nella Tabella 2 è possibile notare che, per la Carta F, l'area N presenta un angolo di rotazione diverso da quello delle rimanenti aree, ma con i minori residui sui singoli GCP. Ciò potrebbe effettivamente deporre a favore di un autonomo rilievo di quest'area, forse sviluppato scegliendo differenti modalità di rilievo rispetto a quella utilizzata nel dominio di rilievo principale, oppure utilizzando una differente base di appoggio rispetto a quella delle altre aree ed un successivo aggancio mediante traguardi alla base principale della sub-area W (*Rettinella*). Si riscontra invece per la Carta P&F che l'area N presenta valori di scala ed angolo di rotazione in linea con quelli medi della carta, ma registra elevati valori di residui sui GCP. Questo fatto potrebbe dipendere da una maggiore incertezza nella determinazione topografica dei punti battuti, dovuta all'elevata distanza dalla *Rettinella*, ma potrebbe anche deporre a favore di un ben eseguito assemblaggio di fonti cartografiche preesistenti di non elevata qualità metrica.

Infine, è da notare che per entrambe le carte la sub-area W presenta bassi residui sui GCP e valori di scala ed angolo di rotazione simili a quelli medi rispettivi; ciò depone a favore del fatto che il rilievo di questa zona sia avvenuto in modo ottimale, ad esempio tramite la tecnica di intersezione in avanti illustrata dal Fabri, ed abbia funto da base di partenza per la mappatura dell'intero territorio.

## 5. Conclusioni

La ricerca illustrata vuole fornire un esempio di come il trattamento in ambiente digitale di cartografia storica (quella pregeodetica soprattutto, generalmente caratterizzata da errori ed incongruenze molto elevati rispetto ai canoni moderni) mediante modalità anche "non convenzionali", secondo indicazioni suggerite da una preventiva ricerca storica e semiologica, consenta di approcciare lo studio in modo nuovo e di approfondire le conoscenze sulla qualità metrica dei documenti in esame, al fine di un loro utilizzo quantitativo per studi applicativi di vario genere.

Nel caso specifico, due carte antiche coeve (1592), raffiguranti in modo differente gli stessi dettagli morfologici dell'antico territorio deltizio del fiume Po, sono state co-registrate, mettendo in evidenza le aree di maggior dissomiglianza. Inoltre, le due carte sono state georeferenziate per singole sub-aree, le cui caratteristiche dimensionali e morfologiche sono state suggerite da ipotesi preliminari relative alle modalità originariamente adottate per il rilievo di campagna, inferite dalla documentazione storica disponibile e da considerazioni concernenti le massime distanze traguardabili a vista. Per il caso in esame un miglioramento della ricerca potrebbe derivare dal reperimento in Archivio dei libretti di campagna originariamente utilizzati dai cartografi, oggi eventualmente conservati nei fondi archivistici di pertinenza.

## Ringraziamenti

Si ringraziano l'Archivio di Stato di Venezia, per la consultazione della carta di Ottavio Fabri in originale, e la Biblioteca Centrale G.P. Dore, Scuola di Ingegneria e Architettura, Università di Bologna, per la consultazione del manuale *L'uso della squadra mobile* di Ottavio Fabri.

## Bibliografia

BARTOLI C. (1564), *Del modo di misurare le distantie, le superfici, i corpi, le piante, le province, le prospettive, et tutte le altre cose terrene, che possono occorrere a gli huomini, secondo le vere regole d'Euclide, et de gl'altri più lodati scrittori*, Franceschini, Venezia.

BITELLI G., CREMONINI S. e GATTA G. (2009), *Ancient maps comparisons and georeferencing techniques: a case study from the Po river delta (Italy)*, "e-Perimetron", 4-4, pp. 221-228. Disponibile online (data ultima consultazione: 23/11/2013): http://www.e-perimetron.org/Vol_4_4/Vol4_4.htm.

BITELLI G., CREMONINI S. e GATTA G. (2012), *Analysis of Pre-Geodetic Maps in Search of Construction Steps Details*, in C. BATEIRA, *Cartography – A Tool for Spatial Analysis*, InTech, Rijeka, Croazia, pp. 75-98. Disponibile online (data ultima consultazione: 23/11/2013): http://www.intechopen.com/books/cartography-a-tool-for-spatial-analysis/analysis-of-pre-geodetic-maps-in-search-of-construction-steps-details.

BITELLI G. e GATTA G. (2011), *Digital processing and 3D modelling of an 18th century scenographic map of Bologna*, in A. RUAS, Advances in Cartography and GIScience Volume 2, Springer, Berlin Heidelberg, pp. 129-146.

CAZZOLA F. (2010), *Il Po*, In M. MATHEUS, G. PICCINNI, G. PINTO E G.M. VARANINI, *Le calamità ambientali nel tardo medioevo europeo: realtà, percezioni, reazioni*, Firenze University Press, Firenze, pp. 197-230.

CREMONINI S. e SAMONATI E. (2009), *Value of ancient cartography for geoenvironmental purposes. A case study from the Po river delta coast (Italy)*, "Geografia fisica e dinamica del Quaternario", 32, pp. 135-144.

CORNARO M.A. (1988), *Dialogo sulla laguna, con quello che si ricerca per la sua lunga conservazione*, in P. VENTRICE (ed.), *Antichi scrittori d'idraulica veneta*, Vol. V, Venezia.

FABRI O. (1673), *L'uso della squadra mobile. Con la quale per teoria et per pratica si misura geometricamente ogni distanza, altezza, e profondità. S'impara à perticare, liuellare, et pigliare in dissegno le Città, Paesi, et Provincie. Il tutto con le sue dimostrationi intagliate in rame. Da Ottavio Fabbri messa in luce*, Gattella, Padova.

FURLANETTO P. (2004), *Un'applicazione della cartografia storica alla geomorfologia: il progetto IMAGO*, In M. MENEGHEL E A. BONDESAN, *Geomorfologia della provincia di Venezia*, Esedra editrice, Padova, pp. 73-76.

GATTA G. (2011), *Analisi metrica di cartografia antica in ambiente digitale*, "Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia (AIC)", 241-242 aprile-settembre 2011, pp. 41-53.

GUERRA F., MINIUTTI D. e MONTI C. (2001), *Bi-visual image coupling of cartographic and photographic images*, in Proceedings of International Cartographic Conference "Mapping the 21st Century", Beijing.

JENNY B. e HURNI L. (2011), *Studying cartographic heritage: analysis and visualization of geometric distortions*, "Computers & Graphics", 35, 2, pp. 402-411.

LIVIERATOS E. (2006), *On the Study of the Geometric Properties of Historical Cartographic Representations*, "Cartographica", 41-2, pp. 165-175.

PANEPINTO E. (2009), *Ottavio Fabri, Perito et Ingegnero Publico*, Tesi di laurea in Storia e Geografia dell'Europa, Università di Verona, Facoltà di Arte e Filosofia.

TCHAPRASSIAN M. (2004), *Il taglio di Porto Viro: i personaggi, biografie e ruoli*, in M. TCHAPRASSIAN (a cura di), *Il taglio di Porto Viro 1604-2004. La storia, la cartografia*, Bottega delle Arti, Padova.

TOBLER W. R. (1965), *Medieval Distortions: The Projections of Ancient Maps*, "Annals of the Association of American Geographers", 56, 2, pp. 351-360.

# TECNICHE INTEGRATE DI REMOTE SENSING E GIS A SUPPORTO DELLA STIMA DEL POTENZIALE FOTOVOLTAICO SU TETTI IN AREE URBANE

# *REMOTE SENSING AND GIS INTEGRATED TECHNIQUES TO SUPPORT THE ASSESSMENT OF ROOFS PHOTOVOLTAIC POTENTIAL IN URBAN AREAS*

**Flavio Borfecchia*, Maurizio Pollino*, Luigi De Cecco*, Sandro Martini*, Luigi La Porta*, Alessandro Marucci**, Emanuela Caiaffa***

**Riassunto**

Le ultime linee guida approvate dal Governo Italiano per sostenere finanziariamente il fotovoltaico (PV) e lo sviluppo della produzione di energia solare (Quarto e Quinto Conto Energia, Gennaio 2012 e succ.), al fine di evitare il consumo di suolo in aree agricole o naturali, comprendono indicazioni specifiche che rendono più vantaggiosa l'installazione d'impianti su tetti o superfici di copertura di edifici. In questo contesto diventa importante, per una adeguata attività di pianificazione e monitoraggio del PV, la mappatura estensiva delle superfici a disposizione, coincidenti con i tetti e l'accurata valutazione del loro potenziale fotovoltaico. Dal momento che tali coperture si trovano soprattutto nelle aree urbane o industriali, in cui fattori come eterogeneità tridimensionale, albedo, torbidità atmosferica ed ombreggiamenti reciproci influenzano in modo significativo l'irraggiamento solare locale, è necessario tenere conto adeguatamente di questi elementi mediante una mappatura GIS tridimensionale ed avanzati strumenti di modellazione, in modo da stimare efficacemente la radianza solare disponibile a livello dei tetti. La metodologia implementata, basata su tecniche di telerilevamento e GIS, ha permesso di valutare e mappare la radiazione solare globale su tutti i tetti presenti nel territorio del Comune di Avellino. Partendo da dati di tipo LIDAR, è stato ottenuto in primo luogo il DSM di tutta l'area di interesse (~ 42 $Km^2$), quindi il modello tridimensionale di ogni edificio da cui sono stati derivati i parametri geometrici di tutte le coperture. Per tenere conto della trasparenza atmosferica e della percentuale di radiazione solare (diffusa/diretta) sulle superfici di interesse, sono stati utilizzati i dati e gli strumenti applicativi presenti sul sito web PVGIS, sviluppato dalla UE. L'elaborazione finale, basata sull'utilizzo di strumenti GIS anche di tipo *open source*, ha permesso di ottenere le mappe di radianza solare e di potenziale PV per tutti i tetti presenti nell'area di studio.

***Parole chiave:*** GIS, Telerilevamento, Fotovoltaico, Radiazione Solare, LIDAR

***Abstract***

*The last guidelines approved by Italian government to financially support the solar Photovoltaic (PV) Energy production development (Fourth and Fifth feed-in-scheme, January 2012 and later),*

* ENEA – Unità Tecnica Modellistica Energetica ed Ambientale (UTMEA), C.R. Casaccia, Via Anguillarese, 301 – 00123 Roma, e-mail: flavio.borfecchia@enea.it

** Abruzzo Ambiente Srl

*in order to avoid soil consumption in agricultural or naturals areas, include specific indications for more advantageously funding the installations exploiting roofs or covers surfaces. In this context it becomes important, for a suitable PV planning and monitoring, the extensive mapping of the available surfaces extent, usually corresponding to covers and properly assessing their quality in term of PV potential. Since the covers are mainly located in urban or industrial areas, whose 3D heterogeneity, albedo, atmospheric turbidity and casting shadows significantly influence the local solar irradiance, it is necessary to suitably account for these distributed factors by means of GIS mapping and advanced modeling tools in order to provide realistic estimates of solar available radiance at roofs level. The implemented methodology, based on remote sensing techniques, has allowed to estimate and map the global solar radiance over all the roofs within Avellino municipality. Starting from LIDAR data, DSM of the entire area of interest (~42 Km²) has been firstly obtained; then the 3D model of each building and related cover has been derived. To account for the atmospheric transparency and the related time-dependent diffuse/direct radiation percentage on the area, data and tools from EU PVGIS web application have been also used. The final processing to obtain the solar radiance maps has been carried out using specific software modules available within commercial and open-source GIS packages.*

**Keywords:** *GIS, Remote Sensing, Photovoltaic, Solar radiation, LIDAR*

## 1. Introduzione

Con l'entrata in vigore del Decreto Legge del 5 maggio 2011 e successive modificazioni (c.d. "Decreto liberalizzazioni" del 24 gennaio 2012) le incentivazioni all'installazione d'impianti per la produzione di energia da fotovoltaico (PV) sono regolamentate dall'insieme delle disposizioni applicative contenute nel cosiddetto 4° Conto Energia (GSE, 2011), con il quale si è inteso continuare a sostenere la crescita nazionale del mercato fotovoltaico, seppure secondo un nuovo regime di riduzione progressiva delle tariffe incentivanti tendente ad eliminare alcune distorsioni.

Nel summenzionato decreto, infatti, c'è un chiaro orientamento teso a privilegiare e supportare maggiormente la diffusione degli impianti PV sui tetti degli edifici rispetto a quelli installati a terra, al fine di evitare il consumo di suolo, in special modo quello destinato ad uso agricolo (Murgante & Danese, 2011, pp. 16-28; Di Fazio et al., 2011, pp. 284-299; Fichera et al., 2012, pp. 1-18).

In termini di pianificazione e controllo (Murgante et al., 2011, pp. 1-15), pertanto, assume un'importanza rilevante poter effettuare una stima estensiva ed efficace della disponibilità e del potenziale PV della superficie utile, relativa alle coperture esistenti di strutture residenziali ed industriali. Ciò, ovviamente, riguarda direttamente e specificatamente gli agglomerati urbani, dove questo tipo di *Land Cover* (LC) è densamente rappresentato.

Al fine di una mappatura del potenziale PV in aree urbane è ormai consolidato l'uso di strumenti GIS (Caiaffa, 2003, pp.36-41; Huld et al., 2005; Šúri & Hofierka, 2004, pp. 175-190; Caiaffa et al., 2012, pp. 532-547), nel cui contesto sono state sviluppate metodologie basate sul calcolo della radianza solare, utilizzando i parametri di orientamento ed esposizione derivati dalle mappe di rilievo naturale come DEM (*Digital Elevation Model*) o DTM (*Digital Terrain Model*). Nel caso in cui, invece, si operi in ambiente urbano (Pellegrino et al., 2008; Cebecauer et al., 2007, pp. 3553-3557; Balena et al., 2012, pp. 116-127), per ottenere una stima maggiormente realistica diviene necessario tener conto in modo più dettagliato delle superfici di copertura e dei relativi parametri geometrici (superficie ed assetto) e radiometrici (riflettanza ambientale).

Il caso di studio qui descritto è localizzato nel territorio del Comune di Avellino (348 m s.l.m., distante circa 60 km da Napoli, 56.368 abitanti nel 2010). La città di Avellino è situata al centro di una pianura denominata "Conca di Avellino", circondata a NO dai monti del Massiccio del Partenio

(Monti di Avella, Montevergine e Pizzo d'Alvano) e a SE dai Monti Picentini. La zona di Avellino fu duramente colpita dal disastroso terremoto dell'Irpinia del 23 novembre 1980 (intensità pari a 6,9 nella scala Richter), che provocò quasi 3.000 vittime, più di 80.000 feriti e lasciò 280.000 persone senzatetto. Per la ricostruzione delle aree distrutte o danneggiate dal sisma lo Stato Italiano ha speso negli ultimi trent'anni circa 30 miliardi di Euro. Inoltre, al fine di governare la ricostruzione, sono stati emanati numerosi strumenti legislativi (leggi, decreti, ordinanze): tra questi va menzionata la Legge n. 219/81, che assegnò a ciascun Comune terremotato la gestione degli strumenti urbanistici, sotto il coordinamento della Regione Campania. Dal 2006, la pianificazione territoriale di Avellino e dei Comuni limitrofi è regolata da due strumenti urbanistici: il P.I.C.A. (Progetto Integrato Città di Avellino) ed il P.U.C. (Piano Urbanistico Comunale).

## 2. Metodologia

### 2.1 L'approccio proposto

In Figura 1 è riportato un output ottenuto utilizzando l'applicazione web disponibile sul sito *"Photovoltaic Geographical Information System GIS"* – PVGIS (JRC-IET, http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis), sviluppato dall'UE a supporto degli studi e delle analisi relative all'uso del fotovoltaico nel territorio Europeo (Šúri et al, 2005, pp. 55-67; Šúri et al, 2007, pp. 1295-1305). In particolare, per l'area urbana della provincia di Avellino, la figura riporta nella parte destra la mappa di radiazione media annuale (ricavata da DTM); a sinistra, invece, sono riportati i valori della radiazione e del relativo potenziale PV per la produzione elettrica (per angolo d'inclinazione ottimale e non). Per la discriminazione di tipologie di uso del suolo (urbano, rurale, naturale, ecc…), l'approccio metodologico su cui si basa l'applicazione PVGIS fa riferimento ai dati del *Corine Land Cover* (CLC) 2006.

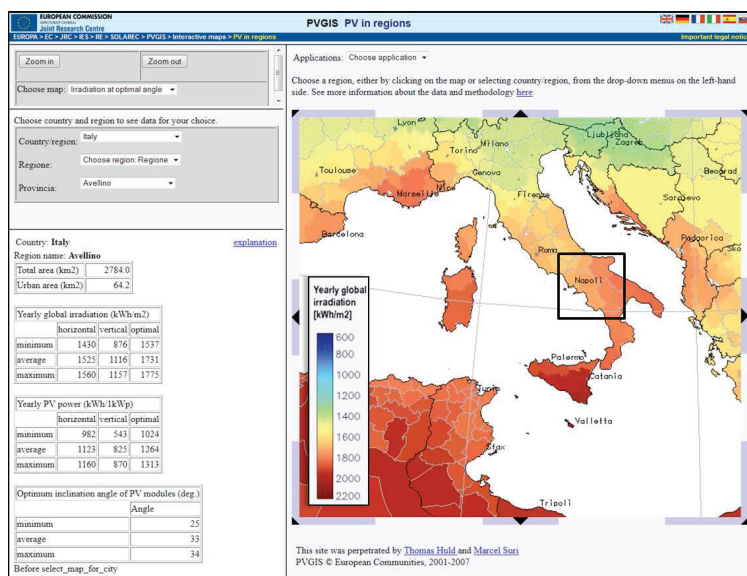



*Fig. 1 – Mappa di radiazione solare media annuale su superficie inclinata in modo ottimale (destra) e stima per l'area urbana di Avellino unitamente alla produzione elettrica ottenibile. Fonte: "Photovoltaic Geographical Information System GIS" – PVGIS, realizzato da JRC-IET, http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis).*

Occorre tuttavia osservare che, in approcci simili al summenzionato la stima della radiazione disponibile per lo sfruttamento mediante PV delle aree urbane si basa solo su DTM (pendenze/esposizioni naturali) e classi di CLC, per cui la caratterizzazione di tali ambiti risente fortemente della limitata accuratezza delle informazioni di partenza. Di conseguenza, si tende a sovrastimare eccessivamente i valori di produzione potenziale, poiché in realtà le aree di copertura effettivamente sfruttabili in aree urbanizzate sono solo una frazione di quelle complessivamente misurate sulla base del solo CLC. Inoltre, le superfici dei tetti hanno solitamente parametri di inclinazione ed orientamento diversi da quelli della superficie naturale sottostante (ricavati, come detto, da DTM) e, quindi, ben diversi da quelli ottimali per il sito di interesse.

Pertanto, al fine di migliorare le valutazione estensiva del potenziale fotovoltaico dei tetti, è necessario ricorrere ad un approccio metodologico basato su una migliore caratterizzazione delle aree urbane, che tenga conto con maggiore dettaglio della reale superficie disponibile dei tetti nonché della loro orientazione ed inclinazione.

In quest'ottica, l'individuazione delle coperture potenzialmente sfruttabili per impianti fotovoltaici presuppone la descrizione geometrica dell'edificio o dell'infrastruttura, espressa sotto forma di un modello tridimensionale reale della superficie. Tale modello deve essere comprensivo sia delle altimetrie naturali sia delle altezze dei manufatti, come le strutture residenziali ed industriali. Per ottenere simile modello è possibile ricorrere ai rilievi LIDAR (*Light Detection and Ranging*), da quali si ricava il modello digitale tridimensionale denominato DSM (*Digital Surface Model*), sotto forma di nuvola di punti (*point cloud*). Il DSM, dotato di adeguata risoluzione spaziale, può essere convenientemente sfruttato per una caratterizzazione più efficace dell'ambiente urbano (Ackermann, 1996, pp. 24-25), anche ai fini di una migliore stima del potenziale fotovoltaico delle coperture.

Oltre alla struttura tridimensionale dell'ambiente urbano, occorre anche tenere conto della sua eterogeneità in termini di potere riflettente delle superfici ed ombreggiature reciproche. Tali fattori influenzano notevolmente l'irradianza solare locale, quale fonte primaria per la produzione fotovoltaica. Pertanto, nel definire un più dettagliato approccio metodologico è necessario tenere conto dell'effetto attenuativo dell'atmosfera e valutare adeguatamente anche fattori quali l'albedo[1] e la torbidità atmosferica (dovuta alla presenza di aerosol). Per la stima di quest'ultima sono disponibili serie storiche sotto forma di mappe tematiche (ricavate da misure a terra o aerospaziali). Inoltre, oltre che la riflettanza e la posizione dei singoli oggetti nello spazio tridimensionale circostante le superfici di interesse, assume importanza anche la loro forma derivabile – ad esempio – dal DSM.

Tenendo conto di queste esigenze, l'approccio seguito nell'ambito delle attività di ricerca descritte nel presente articolo si basa su metodologie e strumenti innovativi incentrati su dati aerospaziali, al fine di ottenere la stima estensiva dei parametri geometrici e tipologici degli edifici nell'area urbana del Comune di Avellino, in modo da supportare una valutazione maggiormente accurata del potenziale PV locale.

In particolare, per la caratterizzazione dell'urbanizzato si è fatto ricorso all'uso integrato di dati aerospaziali provenienti sia da rilievi di tipo LIDAR (DSM per la ricostruzione tridimensionale delle coperture di ogni edificio), sia da immagini satellitari multispettrali (Baltsavias, 1999, pp. 83-94; Axelsson, 1999, pp. 138-147). Inoltre, per tener conto delle componenti diffusa e riflessa della radiazione solare, inclusa la copertura nuvolosa, ci si è avvalsi dei prodotti e delle funzionalità messi a disposizione dall'applicazione web PVGIS.

[1] Per albedo di una superficie si indica la frazione di radiazione incidente (in questo caso quella solare) che viene riflessa in tutte le direzioni dello spazio. L'albedo, pertanto, è la riflettanza emisferica spettralmente integrata.

## 2.1. Irradianza solare

La radiazione solare (Zaksek et al., 2005, pp. 233-240) che arriva sulla Terra ($G_0$) ammonta mediamente a 1360 W/m$^2$, con variazioni sino a circa il 7% dipendenti principalmente dalla distanza Terra-Sole. La sua distribuzione spettrale è approssimativamente quella di un corpo nero a circa 6000 C°, con massimo nell'intervallo del visibile e linee d'assorbimento dovute ai vari elementi diffusi nello spazio percorso dalla radiazione solare (Figura 2).

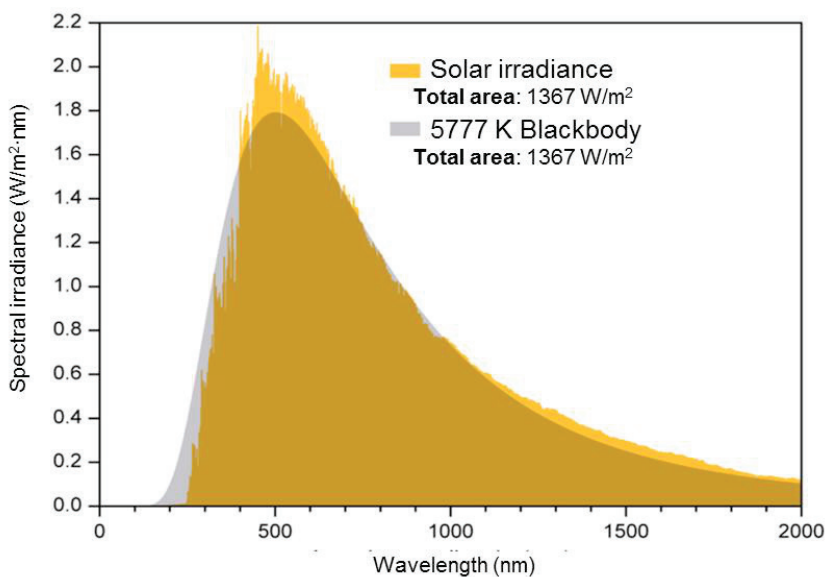



*Fig. 2 – Distribuzione spettrale dell'irradianza solare.*

Nell'attraversare l'atmosfera, una parte dell'energia incidente si perde per effetto di varie interazioni, sino ad arrivare ad una disponibilità media al suolo di circa 900-1000 W/m$^2$ ed il cui andamento stagionale dipende dall'altezza del sole e dalla latitudine (Duffie & Beckman, 1991). Questo valore è dato dal contributo di diverse componenti, la cui entità varia in funzione della trasparenza atmosferica locale, dell'assetto geometrico della superficie d'incidenza, nonché della sua collocazione e delle proprietà di riflettanza (albedo) dell'ambiente tridimensionale circostante. Dal valore di trasparenza/torbidità atmosferica dipende la percentuale di radianza che arriva direttamente dal sole (*beam radiation*) a cui si aggiunge la componente indiretta (*diffuse radiation*), proveniente dalle varie direzioni dell'emisfero atmosferico sovrastante. Quest'ultima cresce con il diminuire della trasparenza atmosferica, che riduce parallelamente la componente diretta ed è caratterizzata dal fattore di torbidità atmosferica di Linke (*Linke turbidity factor*, $T_{LK}$, Linke, 1922, pp. 91-103), definito come il rapporto tra l'attenuazione attuale dell'atmosfera e quella corrispondente ad una situazione di "*clear-sky*" sull'intero spettro. La componente diffusa della radiazione solare su una superficie orizzontale dipende da $T_{LK}$ e dall'angolo di elevazione solare oraria (Scharmer & Greif, 2000). In tal modo è possibile calcolare un valore teorico dell'irradianza diffusa su una superficie orizzontale, in funzione del fattore di torbidità di Linke della massa d'aria, distinguendo tra superfici soleggiate, potenzialmente soleggiate e ombreggiate (Muneer, 1990, pp. 153-163).

In Figura 3, ad esempio, sono riportati gli andamenti giornalieri (sinistra) dell'irradianza diretta e diffusa su una superficie inclinata di 35° ed orientata a sud (0°) per il sito di Avellino. Essi sono stati calcolati sulla base della torbidità atmosferica media locale del mese di Giugno, derivata dalla serie storica disponibile tramite l'applicazione PVGIS. Nello stesso grafico è riportata, altresì, l'irradianza diretta in situazione di "*clear sky*" per lo stesso sito. Nella parte destra di Figura 3, invece, è riportato l'andamento medio mensile della frazione diffusa per lo stesso sito. Come è possibile osservare, la percentuale diffusa risulta rilevante e può arrivare a circa 35-55% del totale, con massimi nei mesi invernali. L'altro fattore che incide notevolmente sull'energia solare intercettata da una superficie è il suo assetto geometrico, in termini di pendenza ed esposizione, che richiede di essere mantenuto quanto più possibile perpendicolare ai raggi solari per massimizzare l'irraggiamento globale.

Dai grafici in Figura 4, ottenuti sempre mediante l'applicativo PVGIS, si evidenzia come l'angolo d'inclinazione ottimale vari durante l'anno con l'altezza del sole; per impianti fissi la selezione ricade su un valore di circa 33° (andamento dell'irradianza totale, curva di colore nero nel grafico di sinistra di Figura 4).

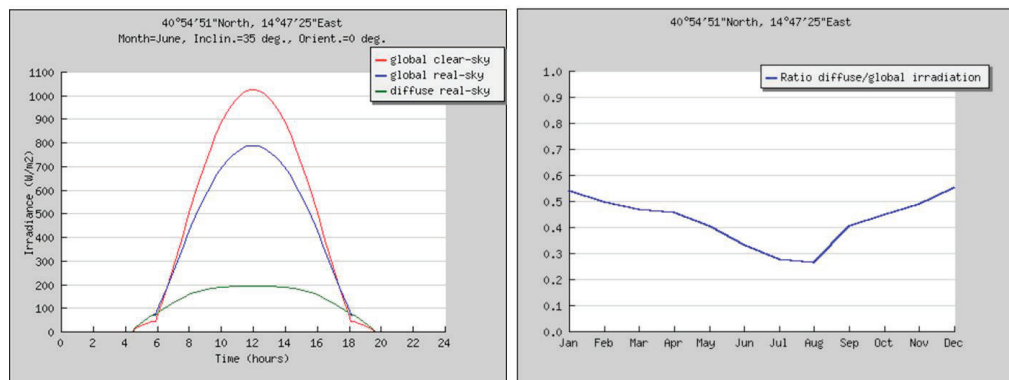



*Fig. 3 – Grafici di: a) irradianza solare oraria (periodo: Giugno) e b) rapporto tra i valori di irradianza diffusa e globale mensile.*

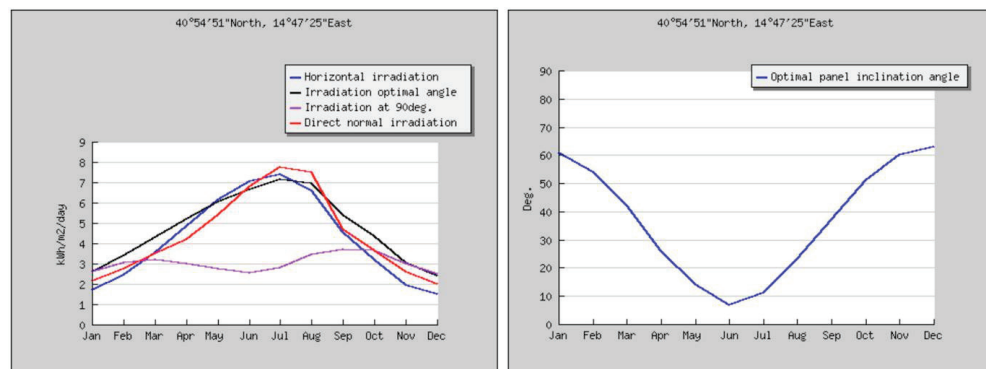



*Fig. 4 – Stima dell'irradianza su superfici a diversa inclinazione ed orientamento a sud (sinistra) ed inclinazione ottimale (destra) per la locazione del Comune di Avellino.*

## 2.2 Estrazione dei parametri tridimensionali

In generale, il potenziale fotovoltaico si valuta estensivamente con tecniche GIS sulla base dell'irradianza stimata al suolo, considerando i parametri di assetto ottenuti dalla mappa delle altimetrie naturali sotto forma di DTM (Caiaffa et al., 2012, pp. 532-547). Questi valori di elevazione, tuttavia, non coincidono con quelli effettivi delle coperture degli edifici che insistono sulla stessa area (realmente sfruttabili per la produzione fotovoltaica). In quest'ottica, è importante avere a disposizione una fonte di dati più dettagliata quale il DSM ottenuto tramite rilevi LIDAR. Esso, pur essendo formalmente un prodotto simile al DTM, possiede una risoluzione notevolmente più spinta, dal momento che include anche la mappatura tridimensionale dei manufatti e degli edifici. Pertanto, il DSM è più proficuamente utilizzabile sia per l'individuazione delle coperture, sia per la loro caratterizzazione in termini di superficie utile e relativi parametri di assetto, necessari per una stima realistica del potenziale fotovoltaico. Inoltre, la ricostruzione tridimensionale cosi ottenuta, unitamente ad una mappa dell'albedo, permette di stimare i rimanenti contributi d'irradianza in termini di ombreggiamento e di riflettanza da parte dell'ambiente circostante. In particolare, ai fini della massimizzazione dell'energia solare intercettata, è importante avere una misura delle pendenze e – soprattutto – dell'orientamento delle coperture potenzialmente sfruttabili, tenendo anche conto che tali parametri sono solitamente variabili per le diverse falde che compongono i tetti.

A tal fine, la ricostruzione tridimensionale del terreno e dell'edificato dell'area di interesse è stata ottenuta mediante il ricorso a tecniche e metodologie per l'elaborazione di dati LIDAR (Gabet et al., 1996, pp. 33-47), opportunamente acquisiti su tutto il territorio comunale di Avellino. Tenuto conto delle esigenze specifiche, il rilievo è stato condotto mediante un sistema LIDAR tipo ALTM3100 della canadese Optech[2], installato su un elicottero e con un piano di volo adeguato a ricoprire l'intero territorio comunale, per la delineazione ottimale delle aree urbanizzate. Il prodotto finale del rilievo, ottenuto da un processo di preelaborazione dei dati grezzi, è stato organizzato in *file* contenenti i dati sotto forma di *point cloud* ("nuvola di punti") per un totale di 48 elementi ("tavole") di 1 km x 1 km, corrispondenti all'estensione superficiale dell'intero Comune, pari a circa 42 $Km^2$. In corrispondenza di ogni tavola sono state effettuate almeno 2 linee di controllo acquisite normalmente alla direzione media delle strisciate principali. Queste acquisizioni definite come "*tie lines*" sono state eseguite ogni 10 km circa e servono da verifica al corretto funzionamento del sistema a scansione, nonché a determinare e correggere eventuali derive strumentali[3].

Tramite opportune tecniche di filtraggio, dai dati LIDAR sotto forma di nuvola di punti sono stati ottenuti un modello digitale del suolo nudo (DTM) ed un modello digitale complessivo delle elevazioni (DSM). Grazie alla possibilità di escludere la vegetazione (il sensore laser gestisce impulsi di ritorno multipli) ed alla grande quantità di punti direttamente misurati e non interpolati, la descrizione 3D ottenuta dai dati LIDAR risulta assai definita dettagliata, specialmente in corrispondenza delle zone densamente urbanizzate (Borfecchia et al., 2010, pp. 129-141).

---

[2] Alcuni dati tecnici: frequenza di acquisizione di 100 kHz; altezza di volo di circa 1000 m; ampiezza e risoluzione del dato laser: 4 impulsi di ritorno; quattro misure/punti per metro quadrato, con accuratezza verticale decimetrica. I dati ottenuti in formato interoperabile sono caratterizzati dai seguenti parametri: Incertezza orizzontale $H_{Max} \leq 40$cm; Incertezza verticale $V_{Max} \leq 2\ H_{Max}$; Densità DSM/DTM ≥ 4 punti al $m^2$.

[3] Si è operato riducendo le distanze massime (inferiori ai 25 km) fra l'elicottero e la stazione GPS-Master a terra. I rilievi sono stati effettuati unicamente durante periodi della giornata durante i quali si sono verificate simultaneamente le seguenti condizioni: *Position Diluition Of Precision* (PDOP) < 3 e numero di satelliti > 6, con una maschera di elevazione di 15°. L'UTM-WGS84 è il Sistema geodetico di riferimento adottato. Infine, sono stati utilizzati come *Ground Reference Stations* (GRS) i capisaldi della rete IGM 95 per le tutte le operazioni di rilievo.

Il DTM e il DSM, così ottenuti, descrivono la conformazione altimetrica naturale, comprensiva delle caratteristiche collinari (circa 300 m a.s.l.), dei bacini idrologici, delle strutture viarie (e.g., l'Autostrada A16) e degli edifici (Figura 5). Per questi ultimi è stata implementata una procedura, opportunamente calibrata, che ha permesso di ricavare estensivamente il modello tridimensionale di ogni edificio (Ricci et al., 2011, pp. 109-124), incluso quello delle coperture con i corrispettivi parametri di superficie, orientamento ed inclinazione che sono stati poi utilizzati per la realizzazione della mappa di radianza estesa a tutto il Comune.

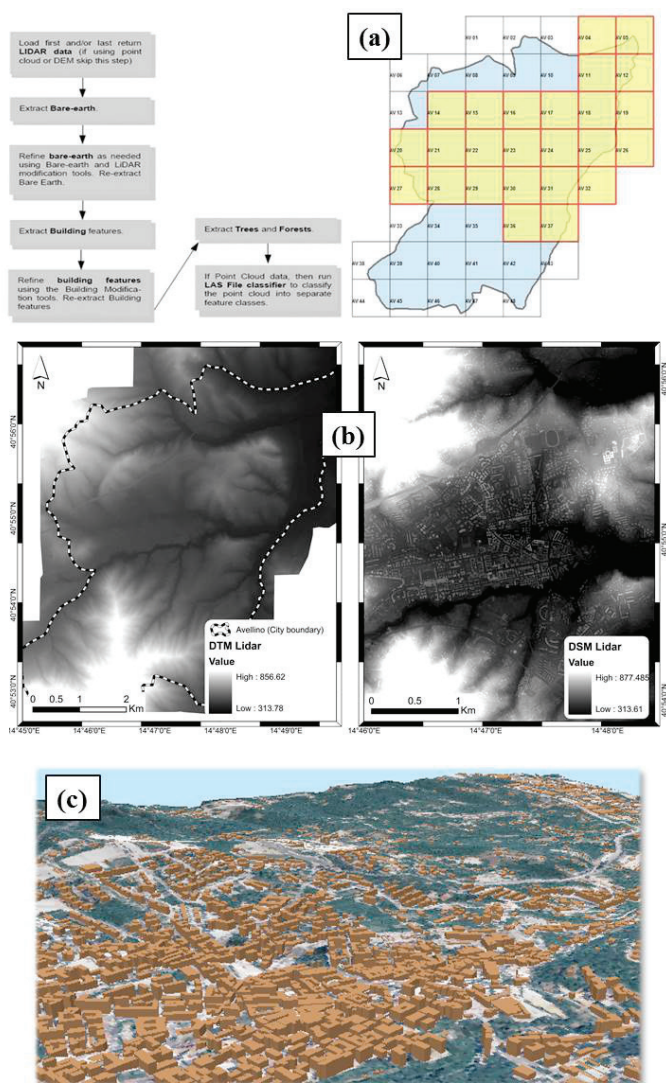



*Fig. 5 – Elaborazione dei dati LIDAR: a) Suddivisione in quadranti (48, dimensione 1 km x 1 km, in giallo è evidenziata l'area più densamente urbanizzata); b) DTM e DSM; c) Modello tridimensionale degli edifici di Avellino.*

## 2.3 Radiazione e coperture

Per la stima della radiazione solare sulle coperture degli edifici, si è partiti dalla ricostruzione tridimensionale derivante dal DSM precedentemente ottenuto, utilizzando l'apposito modulo *software* disponibile nella *Suite* Esri ArcGIS (*"Solar radiation tool"*). Dapprima, è stata valutata la radiazione cumulata in Wh/m$^2$ relativa ai mesi di giugno e luglio, i quali forniscono comunemente il maggior contributo annuale. In tal modo, sono state calcolate sia la componente diretta sia la diffusa, sulla base di un valore di trasmissività atmosferica e di percentuale di diffusione per i mesi di riferimento, derivandoli mediante l'applicazione PVGIS. Per la diffusione atmosferica è stato adottato un modello anisotropico di *scattering* (diffusione ottica o dispersione, in buona misura casuale), in cui il flusso della radiazione incidente varia con l'angolo zenitale locale, che a sua volta dipende dalla posizione della Terra relativamente al Sole ed è quindi funzione della latitudine e del tempo. Tale modello risulta maggiormente adeguato per tener conto dell'eterogeneità del tessuto urbano.

Nella Figura 6, unitamente ai confini comunali in viola, è riportata a sinistra la componente diretta restituita in tonalità di grigio con un massimo di 293 Kwh/m$^2$ circa, nella quale si evidenziano gli effetti delle ombreggiature delle strutture tridimensionali degli edifici, sulla base del percorso solare, sotto forma di striature più scure. Un effetto meno accentuato e maggiormente concentrato sull'edificio o struttura tridimensionale, si nota anche nell'immagine della componente diffusa (a destra, in Figura 6) che presenta un massimo di 83 Kwh/m$^2$ circa. Successivamente, la valutazione della radianza totale è stata effettuata esclusivamente sulle coperture degli edifici, individuati utilizzando il DSM per ottenere la loro mappatura plano-altimetrica.

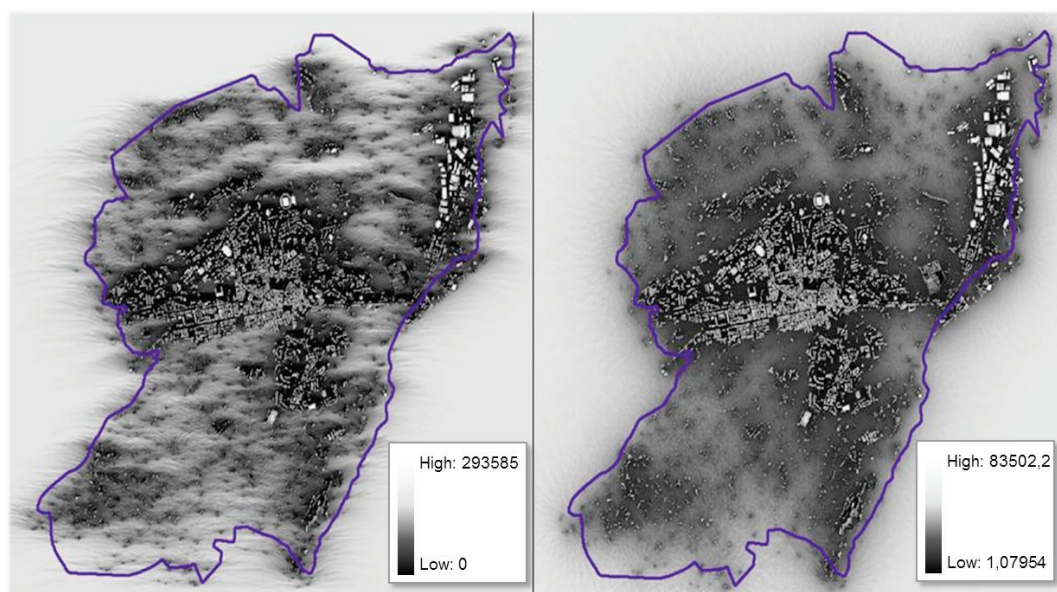



*Fig. 6 – Mappe di distribuzione della radianza solare cumulata (valori espressi in Wh/m$^2$): componenti diretta (sinistra) e diffusa (destra), relative ai mesi di giugno e luglio 2012.*

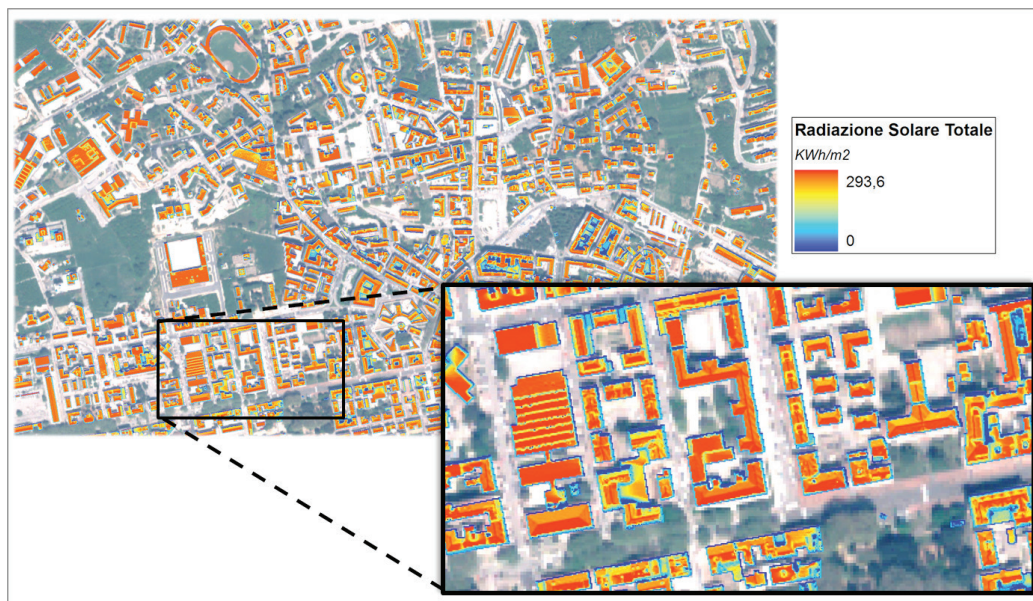



*Fig. 7 – Radiazione solare totale in Kwh/m² calcolata per le coperture degli edifici ed infrastrutture del comune di Avellino. A sinistra, elaborazioni di dettaglio per una sotto-area di studio.*

La Figura 7 mostra la radianza totale incidente sulle coperture (in Kwh/m$^2$), stimata per i mesi di Giugno e Luglio 2012 e mappata in falsi colori con massimi sul rosso e minimi in blu. La radiazione solare è stata calcolata per ciascuna copertura nell'area d'interesse, tenendo conto dei parametri di esposizione ed inclinazione delle superfici derivati dal DSM. Essa, come era atteso, dà luogo a valori diversi in corrispondenza dei diversi orientamenti e geometrie. È possibile rilevare ciò dall'immagine di dettaglio riportata nel box in basso a destra, sempre in Figura 7.Qui si possono notare le variazioni di radianza cumulata, calcolate per le singole falde di tetto con differenti orientazione ed inclinazione: i valori uniformi sono quelli tipici delle coperture piane, mentre è possibile osservare l'effetto delle ombreggiature laddove sono presenti elementi strutturali tridimensionali che si schermano reciprocamente. I diversi elementi geometrici delle falde ottenuti dal DSM sono stati, quindi, inseriti in un apposito GeoDatabase, in modo tale da gestire in ambiente GIS anche tali dati ed associare a ciascun edificio mappato i valori stimati di radianza cumulata utilizzabili a fini della produzione fotovoltaica.

In particolare,

## 2.4. Valutazione radiazione solare cumulata

La medesima zona urbana rappresentata in Figura 7 è stata scelta anche come sub-area campione nella quale mettere a punto e testare la seconda parte dell'approccio metodologico seguito, per una procedura di analisi più approfondita e maggiormente efficace.

Nella prima parte dell'approccio seguito, relativo a tutto il territorio comunale, sono state considerate le componenti principali (diretta e diffusa) della radiazione solare, mentre è stato trascurato il contributo derivante dalla radiazione riflessa dalle superfici circostanti. Per raffinare ulteriormente la valutazione radiazione solare cumulata, è stato pertanto stimato tale ulteriore contributo di riflettan-

za, facendo ancora una volta ricorso al modello tridimensionale ricavato dal DSM LIDAR, in modo da avere la descrizione geometrica delle superfici riflettenti sui tetti e degli oggetti circostanti.

Per derivare le proprietà di riflettanza degli oggetti presenti nell'area di studio è stata prodotta una mappa di albedo (Figura 8), ricavata da dati satellitari Landsat ETM+[4]. Nella stessa figura è possibile osservare che i valori più elevati si riscontrano in corrispondenza delle aree urbane e industriali (zona a Nord-Est del territorio comunale), mentre le aree densamente vegetate e le strade presentano bassi valori di riflettanza. La stima dell'irradianza riflessa per le superfici inclinate, in condizioni di *clear-sky*, è stata fatta assumendo per le stesse un comportamento isotropo. Tale irradianza, misurata in W/m$^2$, è dipende dall'irradianza globale in assetto orizzontale (data come somma delle componenti diretta e diffusa), dal valore medio di albedo al suolo e dall'inclinazione della superficie rispetto al terreno su cui si considera l'irradianza (Muneer, 1990, pp. 153-163). Scharmer e Greif (2000) hanno descritto ed elencato i valori medi tipici di albedo per varie superfici al suolo. In generale, i valori prevalentemente usati sono 0,2 o 0,15.

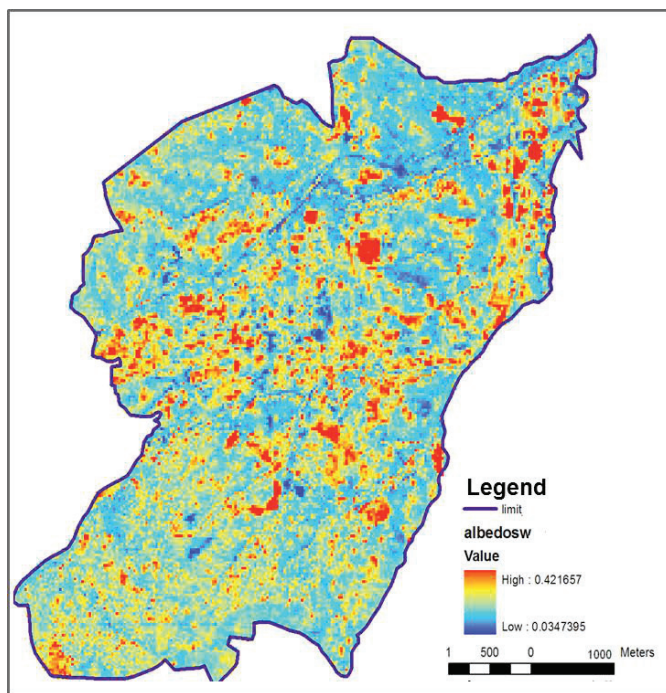



*Fig. 8 – Mappa di albedo per l'area di Avellino.*

Nella valutazione della radianza solare cumulata, quindi, sono stati utilizzati i dati e i *tool* disponibili sul sito web PVGIS, al fine di stimare la torbidità atmosferica di Linke per ciascun mese di riferimento. Tali valori di torbidità media mensile sono forniti dal PVGIS sotto forma di mappe aventi accuratezza

[4] Landsat è una costellazione di satelliti per telerilevamento, attiva attraverso varie missioni da circa 40 anni, con l'obiettivo di studiare l'ambiente e i cambiamenti sulla superficie terrestre. L'ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) è il sensore montato a bordo del satellite Landsat 7, con una risoluzione geometrica di 30 m nelle bande del visibile, dell'infrarosso vicino e di quello medio; di 60 m nell'infrarosso termico; di 15 m nel pancromatico.

spaziale di 1 km, stimate a partire dall'atlante globale implementato da Remund et al. (2003), integrato e aggiornato con i dati raccolti dalle piattaforme satellitari (in genere su un'orbita geostazionaria) e da misurazioni terrestri acquisite da stazioni meteorologiche.

Per l'area di Avellino, avente una estensione totale di circa 42 $Km^2$, si è ragionevolmente assunto che essa possa essere ben caratterizzata, in termini di trasparenza atmosferica, da valori puntuali. Al fine di produrre la mappa albedo locale, è stata elaborata e processata un'immagine satellitare multispettrale Landsat ETM+ (Agosto 2012), utilizzando i suoi canali di riflettanza nel visibile, nel vicino infrarosso (NIR) e nel primo infrarosso medio (SWIR) (Liang, 2000, pp. 213-238). Prima di ricavare il dato sull'albedo, l'immagine è stata sottoposta al necessario processo di correzione atmosferica (Singh, 1989, pp. 989-1003), per la rimozione completa degli effetti di assorbimento e *scattering* e quindi l'ottenimento del parametro primario contenuto nell'immagine: la riflettanza. Infatti, l'effetto dell'atmosfera può interferire con la corretta interpretazione dell'immagine stessa. Tale correzione è stata effettuata sulla base di un fattore di visibilità in atmosfera di 30 km, in accordo con il parametro di torbidità atmosferica di Linke descritto al Paragrafo 2.1.

## 3. Risultati e conclusioni

Sulla base dei risultati ottenuti mediante le elaborazioni descritte nei paragrafi precedenti, si è proceduto al calcolo della radiazione solare cumulata (espressa in $Wh/m^2 \cdot day$) disponibile sulle varie coperture individuate nell'area d'interesse (Figura 9). Essa è stata stimata mediante gli specifici moduli (*r.horizon* e *r.sun*) disponibili nella Suite *open source* GRASS (Hofierka & Šúri, 2002, pp. 1-19), utilizzando come dati di input il DSM, la mappa dell'albedo ed i parametri di torbidità puntuali per il mese di luglio. La stima (relativa al 14/07/2012) è stata effettuata per ciascuna delle 3 componenti: diretta, diffusa e riflessa. Quest'ultima è risultata significativa e pari circa ad 1/3 della diffusa.

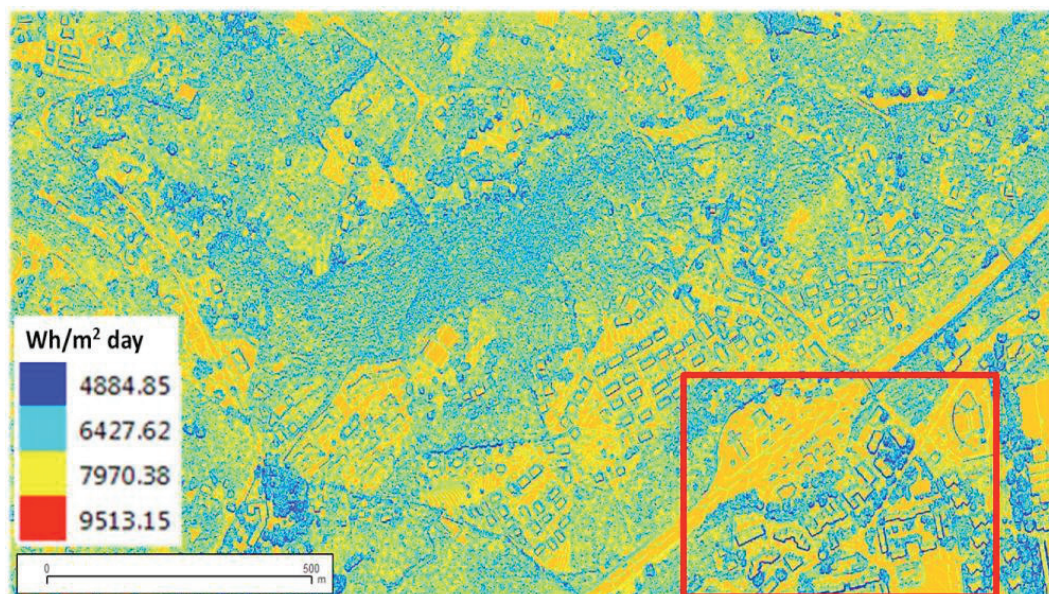



*Fig. 9 – Mappa della radiazione solare globale stimata nel giorno 14-7-2012.*

La Figura 10 mostra un esempio di prodotto finale, sotto forma di mappa tematica, ottenuto mediante la metodologia sviluppata e qui descritta. In esso tutte le superfici di copertura sono classificate in termini di radianza solare totale (diretta, diffusa e riflessa) disponibile. Tale mappa tematica può essere utilizzata, per esempio, nell'ambito di una specifica applicazione WebGIS, congiuntamente con i dati catastali dell'area urbana di interesse, quale efficace supporto alle attività di censimento, monitoraggio e pianificazione degli impianti PV su tetti.

*Fig. 10 – Mappa dettagliata riportante il valore cumulato di radianza solare specifica per un giorno di luglio (valori in Wh/m²·day) per ogni tetto estratto dal DSM e caratterizzato in ambiente GIS.*

La metodologia implementata si basa sia sull'integrazione di tecniche di rilievo LIDAR ed elaborazione di dati satellitari, sia sull'utilizzo di dati ed applicazioni *software* disponibili in rete. Essa ha permesso di stimare efficacemente per l'intero territorio del Comune di Avellino la radianza solare disponibile a livello delle coperture dei tetti, per la produzione fotovoltaica sulla base della stima dell'irradianza solare e di un modello tridimensionale prodotto ad hoc.

Successivamente, un ulteriore raffinamento della procedura ha permesso di valutare anche la componente riflessa della radiazione solare, derivandola dalla misura dell'albedo locale mappata attraverso un'immagine multispettrale Landsat ETM+ corretta atmosfericamente. In questo modo, la stima di irradianza globale nelle tre componenti (diretta, diffusa e riflessa) perviene a risultati più affidabili ed utilizzabili come base per la valutazione più accurata del potenziale PV disponibile su ogni tetto dell'area urbana di interesse.

In questo specifico settore di applicazione del PV, l'obiettivo delle future attività di ricerca sarà quello di incrementare sia l'uso di prodotti tematici provenienti dalle piattaforme satellitari, sia l'uso di misure a terra specifiche, già disponibili/accessibili o da acquisire appositamente. Inoltre, sarà pos-

sibile tenere maggiormente in considerazione l'elevata eterogeneità dell'ambiente urbano (a causa delle comuni attività antropiche: i trasporti, il riscaldamento, ecc…), che unitamente a fattori legati al cambiamento climatico, sono in grado di influenzare la trasparenza atmosferica.

Questi prodotti tematici, già disponibili o ottenibili nel prossimo futuro, permetteranno di migliorare la caratterizzazione spaziale e temporale della torbidità a larga banda (*sensu* Linke), nonché offriranno un efficace supporto alla progettazione di nuovi impianti PV ed al monitoraggio della produzione esistente. In questo contesto, per avere una migliore stima dell'albedo, sarà fondamentale prendere in considerazione anche gli effetti di riflessione di tipo *non-Lambertiano*, un fenomeno tipico delle aree urbane, potenzialmente valutabile ricorrendo a prodotti derivati da osservazioni satellitari (ad esempio, BRDF/albedo da dati MODIS).

## Bibliografia


Ackermann, F. (1996), Airborne Laser Scanning for Elevation Models, "GIM – Geomatics Info Magazine", 10, pp. 24-25 .

Axelsson P. (1999), Processing of laser scanner data: algorithms and applications, "ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing", 54, pp. 138-147.

Balena, P., Mangialardi, G., Torre, C.M. (2012), A BEP analysis of energy supply for sustainable urban microgrids, in Lecture Notes in Computer Science, Vol. 7334 – Part II, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 116-127.

Baltsavias, E. (1999), A comparison between photogrammetry and laser scanning, "ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing", 54, pp. 83-94.

Borfecchia F., De Cecco L., Pollino M., La Porta L., Lugari A., Martini S., Ristoratore E., Pascale C. (2010), Active and passive remote sensing for supporting the evaluation of the urban seismic vulnerability, "European Journal of Remote Sensing", 42(3), pp. 129-141.

Caiaffa, E. (2003), Geographic Information Science in Planning and in Forecasting, in Institute for Prospective Technological Studies in cooperation with the European S&T Observatory Network, The IPTS Report, vol. 76, European Commission JRC-Seville, pp.36-41.

Caiaffa, E., Marucci, A., Pollino, M. (2012), Study of sustainability of renewable energy sources through GIS analysis techniques, in Lecture Notes in Computer Science, Vol. 7334 – Part II, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 532-547.

Cebecauer T., Huld T., Šúri M. (2007), Using high-resolution digital elevation model for improved PV yield estimates, in Proceedings of the 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference, Italy, pp. 3553-3557.

Di Fazio, S., Modica, G. , Zoccali, P. (2011), Evolution trends of land use/land cover in a Mediterranean forest landscape in Italy, in Murgante, B. et al., ICCSA 2011 – Lecture Notes in Computer Science, LNCS, Volume 6782, Part I, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 284-299.

Duffie, J.A., Beckman, W.A. (1991), Solar Engineering of Thermal processes, Second ed., John Wiley & Sons, USA

ESRI ArcGIS Resource Center, http://resources.arcgis.com/, data ultima consultazione 22/11/2013.

Fichera, C., Modica, G., Pollino, M. (2012), Land Cover classification and change-detection analysis using multi-temporal remote sensed imagery and landscape metrics, "European Journal of Remote Sensing", 45, pp. 1-18.

GABET L., GIRAUDON G., RENOUARD L. (1996), Automatic generation of high resolution urban zone digital elevation models, "ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing", 52, pp. 33-47.

GSE SPA, "GESTORE DEI SISTEMI ENERGETICI": 4° Conto Energia http://www.gse.it/it/Conto%20Energia/Fotovoltaico/Quarto%20Conto/Pages/default.aspx, data ultima consultazione 22/11/2013.

JOINT RESEARCH CENTRE (JRC) – INSTITUTE FOR ENERGY AND TRANSPORT (IET): Photovoltaic Geo-graphical Information System – PVGIS http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/, data ultima consultazione 22/11/2013.

HOFIERKA, J., ŠÚRI, M. (2002), The solar radiation model for Open source GIS: implementation and applications, in Proceedings of the Open source GIS GRASS users conference, Italy, pp. 1-19.

HULD, T.A. , ŠÚRI, M. , KENNY, R.P. (2005), Estimating PV performance over large geo-graphical regions, in Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conference

LIANG, S. (2000), Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I – Algorithms, "Remote Sensing of Environment", 76, pp. 213-238.

LINKE, F. (1922), Transmissions-Koeffizient und Trübungsfaktor, "Beitraege zur Physik der Atmosphaere", 10, pp. 91-103.

MUNEER, T. (1990), Solar radiation model for Europe, "Building services engineering research and technology", 11:4, pp. 153-163.

MURGANTE, B., BORRUSO, G., LAPUCCI, A. (2011), Sustainable development: Concepts and methods for its application in urban and environmental planning, "Studies in Computational Intelligence", 348, pp. 1-15.

MURGANTE, B., DANESE, M. (2011), Urban versus rural: The decrease of agricultural areas and the development of urban zones analyzed with spatial statistics, "International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems", 2:2, pp. 16-28.

PELLEGRINO, M., CAIAFFA, E., GRASSI, A., POLLINO, M. (2008), GIS as a tool for solar urban planning, in Proceedings of 3rd International Solar Energy Society Conference-Asia Pacific Region (ISES-AP-08), Sydney, Australia, 25-28 November 2008.

REMUND, J., WALD, L., LEFÈVRE, M., RANCHIN ,T., PAGE, J. (2003), Worldwide Linke turbidity information, in Proceedings of the ISES solar world congress 2003, Göteborg, Sweden.

RICCI, P., VERDERAME, G. M., MANFREDI, G., POLLINO, M., BORFECCHIA, F., DE CECCO, L., MARTINI, S., PASCALE, C., RISTORATORE, E., JAMES, V. (2011), Seismic Vulnerability Assessment Using Field Survey and Remote Sensing Techniques, in MURGANTE, B. ET AL., ICCSA 2011 – Lecture Notes in Computer Science, LNCS, Volume 6783, Part II, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 109-124.

SCHARMER, K., GREIF, J. (2000), The European solar radiation atlas, Vol. 2, Database and exploitation software, Les Presses de l'École des Mines, Paris.

SINGH, A. (1989), Review Article Digital change detection techniques using remotely-sensed data, "International Journal of Remote Sensing", 10(6), 989-1003.

ŠÚRI, M., HOFIERKA, J. (2004), A new GIS-based solar radiation model and its application to photovoltaic assessments, "Transactions in GIS", 8 (2), pp. 175-190.

ŠÚRI, M., HULD, T.A., DUNLOP, E.D. (2005), PV-GIS: A web-based solar radiation database for the calculation of PV potential in Europe, "International Journal of Sustainable Energy", 24 (2), pp. 55-67.

ŠÚRI, M., HULD T. A., DUNLOP E. D., OSSENBRINK, H. A. (2007), Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries, "Solar Energy", 81, 1295-1305.

ZAKSEK, K., PODOBNIKAR, T., OSTIR, K. (2005), Solar radiation modeling, "Computers & Geosciences", 31, 233-240.

# LA CARTA NATURALE E CULTURALE DEL PARCO NAZIONALE DEL GRAN SASSO E MONTI DELLA LAGA

# *NATURAL AND CULTURAL MAP OF PARCO NAZIONALE DEL GRAN SASSO E MONTI DELLA LAGA*

**Andrea Di Somma***

**Riassunto**

Lo scopo del seguente lavoro è la costruzione di un GeoDataBase relativo ai beni culturali ed ambientali del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga attraverso un approccio neo-geografico.

Il lavoro è organizzato in tre fasi: nella prima fase è stato necessario eseguire un'analisi bibliografica ed inventariale per identificare le evidenze culturali ed ambientali del Parco. È stata poi determinata una tassonomia, articolata in sette categorie e ventitré sotto categorie, sulla base delle direttive dei vari consigli d'Europa riguardanti il patrimonio culturale che si sono susseguiti dagli anni Sessanta ad oggi e sulle raccomandazioni internazionali dell'UNESCO. Infine sono stati rilevati sul campo i beni inizialmente inventariati e, una volta riconosciuti, è avvenuta la creazione del GeoDataBase (GDB), l'assegnazione della categoria tassonomica di appartenenza ad ogni singolo elemento e la rappresentazione cartografica.

***Parole Chiave:*** Informazione geografica digitale; Open source; Neogeografia; Itinerari turistico-culturali; Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga

***Abstract***

*The aim of this study is to create a natural and cultural map related to the environmental and historical heritage of Gran Sasso and Monti della Laga National Park through a neogeographical approach. The study has been divided into three phases: for the first phase, in order to spot the Park's peculiarities, it was necessary to make a bibliographic and stock-list analysis of the Park which lead to classification of seven categories and twenty-three under-categories taxonomy, based on data Unesco international advises as well as from the EU's guidelines over Europe's cultural heritage from the 60's to these days. Finally stock-listed materials have been detected and it was possible to build a GDB and to allocate the correct taxonomy to each element which have been then represented on cartographic graph.*

**Keywords:** *Digital geographic information; Open source; Neogeography; Tourists and cultural itineraries; Gran Sasso e Monti della Laga National Park*

## 1. Introduzione

La gestione dei beni culturali e naturali attraverso strumenti multimediali si presenta come una delle sfide più interessanti in ambito di nuove tecnologie. Secondo quanto emerso dai risultati del Conve-

* CNR – Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali Via Salaria Km. 29,300, c.p.10. 0016 Monterotondo St., Roma. Tel. +390690672400 E-mail: andrea.disomma@itabc.cnr.it

gno annuale dell'AIC 2012, l'integrità dei beni deve proseguire di pari passo con la loro valorizzazione, promossa anche attraverso una comunicazione semplice ed efficace.

Partendo dalla costruzione di un GeoDataBase (GDB) relativo ai beni culturali ed ambientali del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga, finalizzato ad una proposta di itinerari turistico-culturali, si è giunti alla costruzione di una carta naturale e culturale dell'area protetta.

Questo lavoro è inserito all'interno delle attività del LENA Project – Learning Natural Values in Europe[1], finanziato dall'Unione Europea attraverso il programma di azione comunitaria per l'apprendimento permanente Grundtvig. Il LENA Project si occupa principalmente di sensibilizzare i cittadini alle problematiche ambientali, in particolare focalizzando l'attenzione sulle politiche di tutela e salvaguardia dei paesaggi naturali. Il seguente lavoro si inserisce in questo contesto con l'obiettivo di trasmettere il valore intrinseco degli elementi culturali e naturali ad un ampio numero di persone attraverso la condivisione partecipativa, contribuendo ad accrescere la consapevolezza del valore sociale ed economico della tutela degli elementi stessi.

Si è scelto di lavorare con applicativi open source proprio per favorire il livello partecipativo sia nella fase di costruzione dei dati, sia in quella di output ed elaborazione finale dei risultati grafici e statistici.

La divulgazione dei beni culturali attraverso i moderni strumenti multimediali, a partire dai social network, si presenta come una delle sfide più interessanti in ambito di nuove tecnologie (Consorti e Matani, 2008). L'evoluzione sempre più accelerata di strumenti di produzione cartografica ha generato una trasformazione "epocale" nelle metodologie di comunicazione, grazie all'evoluzione delle tecnologie informatiche e in particolare al nuovo approccio utilizzato per gestire le informazioni digitali (Brundu, 2013, p.68).

La diffusione di visualizzatori di mappe come Google Maps e Google Earth e di software di cartografia collaborativa come OpenStreetMap ha di fatto accresciuto l'interesse pubblico per un nuovo tipo di geografia definito "Neogeografia", la quale utilizza un insieme di tecniche e strumenti che esulano dalle prestazioni classiche dei GIS tradizionali, in cui anche utenti non esperti sono in grado di sfruttare la prerogativa delle mappe senza possedere le competenze tradizionalmente associate alla disciplina geografica (Brundu, 2013, p.68).

## 2. Inquadramento territoriale

Il Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga è definibile nel modo più generale come "area protetta", nel senso di territorio destinato alla protezione e al mantenimento della diversità biologica, delle risorse naturali e culturali ad esse connesse (Piano del Parco, 2004). È pertanto riconosciuto un valore di protezione non soltanto agli elementi naturali ed ambientali che caratterizzano questo territorio, ma anche a quelli storici, culturali, antropologici e tradizionali.

In particolare si può considerare come Parco Nazionale perché è un territorio naturale destinato a proteggere l'integrità ecologica di uno o più ecosistemi, e a fornire le basi per opportunità compatibili di uso spirituale, scientifico, culturale, educativo, ricreativo e turistico, tenendo conto delle esigenze delle popolazioni insediate, comprese quelle relative all'uso delle risorse per scopi di sostentamento (Piano del Parco, 2004).

---

[1] Numero di identificazione: 2012-1-EE1-GRU06-03622-4. Il progetto è realizzato dall'Associazione Geografica per l'Ambiente e il Territorio (Italia), dall'ente di formazione Harta Verde (Romania), dall'impresa di formazione professionale HT-Metka Oy (Finlandia), dal centro di ricerca Sicista (Estonia) e dall'Associazione Tarcea-Ertarsca.

| Via del Sale | distretto che si sviluppa lungo la Via Salaria |
|---|---|
| Tra i due Regni | area di confine tra lo Stato Pontificio e il Regno di Napoli |
| Sorgenti del Tronto | ambienti naturali modellati dalle acque del Tronto |
| Cascate e Boschi | in omaggio ai numerosi corsi d'acqua e alle faggete della Laga |
| Alta Valle Aterno | la vallata originata dal fiume che ha le sue sorgenti sui Monti della Laga |
| Strada Maestra | segue il tracciato della Strada Statale 80, la quale ricalca l'antica Via Caecilia |
| Valle Siciliana | i territori dell'antico feudo della famiglia dei Mendoza |
| Alte vette | il cuore selvaggio del Parco, punto di partenza per le alte vette d'Abruzzo |
| Terre della Baronia | terre che nel basso Medioevo appartennero alla Baronia di Carapelle |
| Grandi Abbazie | ove sono ubicate alcune delle più importanti abbazie benedettine |
| Valle del Tirino | distretto ritagliato intorno al tracciato del fiume omonimo |

*Tab. 1 – Gli undici distretti del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga*
*Fonte: Elaborazione propria*

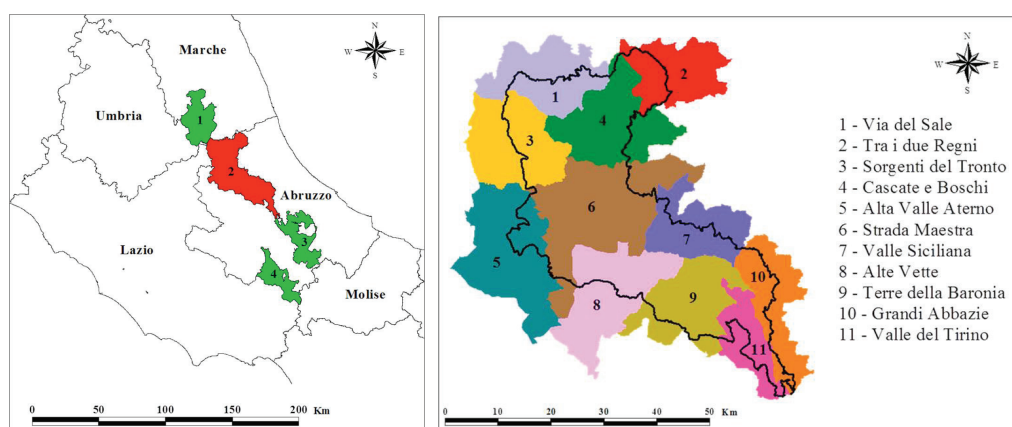



*Fig. 1 – A sx: inquadramento geografico dell'area di studio. 1: Parco Nazionale dei Monti Sibillini; 2: Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga; 3: Parco Nazionale della Majella. 4: Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise. Fonte dati: Elaborazione propria. A dx: gli undici distretti del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga.*

*Fonte: Elaborazione propria*

Il Parco si estende per oltre 141.341 ettari[2] in un territorio che ricade amministrativamente nel settore settentrionale della Regione Abruzzo e, solo in parte, nell'estremità meridionale della Regione Marche e nell'estremità orientale della Regione Lazio. Inoltre, il Parco comprende anche cinque province[3] e 44 comuni (Piano del Parco, 2004). Insieme al Parco Nazionale dei Monti Sibillini, al

[2] È il terzo Parco nazionale per estensione, dopo il Parco nazionale del Cilento e Vallo di Diano e il Parco nazionale del Pollino.

[3] Ascoli Piceno (Marche), Rieti (Lazio) L'Aquila, Pescara, e Teramo (Abruzzo).

Parco Nazionale della Majella e al Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise, forma una dorsale ecologica (Di Somma, 2012) di aree protette che determinano una varietà di ecosistemi e paesaggi davvero unica nel contesto europeo (Figura 1 sx). Anche per questo il Parco è riconosciuto a livello internazionale come "monumento europeo alla biodiversità" (www.gransassolagapark.it).

Il Parco è caratterizzato dalla presenza di tre catene montuose: la dorsale dei Monti Gemelli (Montagna dei Fiori e Montagna di Campli), situati nel settore nord orientale del Parco; i Monti della Laga che, a differenza dei rilievi circostanti formati in prevalenza da calcari, dolomie e altre rocce carbonatiche, sono costituiti da rocce a basso livello di permeabilità, come arenarie e marne, che favoriscono il deflusso superficiale delle acque (Guarrera e Tammaro, 1992); la catena del Gran Sasso, il cuore del Parco, che limita a sud i Monti Gemelli e i Monti della Laga, e si caratterizza per la presenza della vetta più alta dell'Appennino, il Corno Grande, che raggiunge i 2.912 metri. Su questa catena è inoltre presente il Calderone, l'unico ghiacciaio appenninico e il più meridionale d'Europa (www.gransassolagapark.it).

A causa della vastità e della diversità paesaggistica dell'area protetta, l'Ente Parco ha proposto una suddivisione interna in undici distretti ambientali turistico-culturali (Figura 1 dx). I distretti sono stati concepiti per una fruizione del territorio in sintonia con le sue qualità ambientali, culturali e paesaggistiche (www.gransassolagapark.it). I confini dei distretti seguono elementi naturali ma sono essenzialmente virtuali poiché necessari per il riconoscimento di aree omogenee nelle quali sia possibile operare degli interventi di valorizzazione delle risorse ambientali e culturali in funzione delle strutture economiche e sociali presenti sul territorio, con il fine di migliorare la gestione del flusso turistico. La distrettualizzazione permette all'Ente Parco di stipulare accordi di partenariato con gli Enti sovraordinati provinciali e regionali, consentendo di operare anche al di fuori del perimetro dell'area protetta, ma comunque all'interno dei comuni del Parco (www.gransassolagapark.it). Gli undici distretti sono riportati nella tabella 1.

## 3. Metodologia

### 3.1 La catalogazione

In una prima fase i beni sono stati inventariati su base documentaria, bibliografica e sitografica, raccogliendo informazioni provenienti dal Piano del Parco, dal sito internet ufficiale www.gransassolagapark.it, dalla sezione cultura del sito internet della Regione Abruzzo www.cultura.regione.abruzzo.it, dal Manuale italiano di interpretazione degli habitat della Direttiva 92/43/CEE (Biondi e Blasi, 2009), dalla carta italiana del rischio culturale[4] e dai siti internet delle regioni, delle province e dei comuni del Parco.

In particolare, per quanto riguarda il Piano del Parco, sono stati consultati e considerati gli elaborati tecnici relativi alle emergenze geologiche e geolitologiche, e ai biotopi di interesse floristico-vegetazionale, i Siti di Importanza Comunitaria (SIC), le Zone di Protezione Speciale (ZPS), le aree di interesse agricolo, i piani di gestione dei boschi, i servizi al turismo ed alla popolazione, le opere ed i manufatti critici ed infine i piani paesistici comparati.

La catalogazione è il presupposto fondamentale per la tutela e la valorizzazione del patrimonio culturale (Cicerchia, 2002). Le attività di censimento e documentazione consentono, sulla base di

[4] Realizzata dall'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, afferito al Ministero per i Beni e le Attività Culturali. La carta è consultabile al sito internet www.cartadelrischio.it.

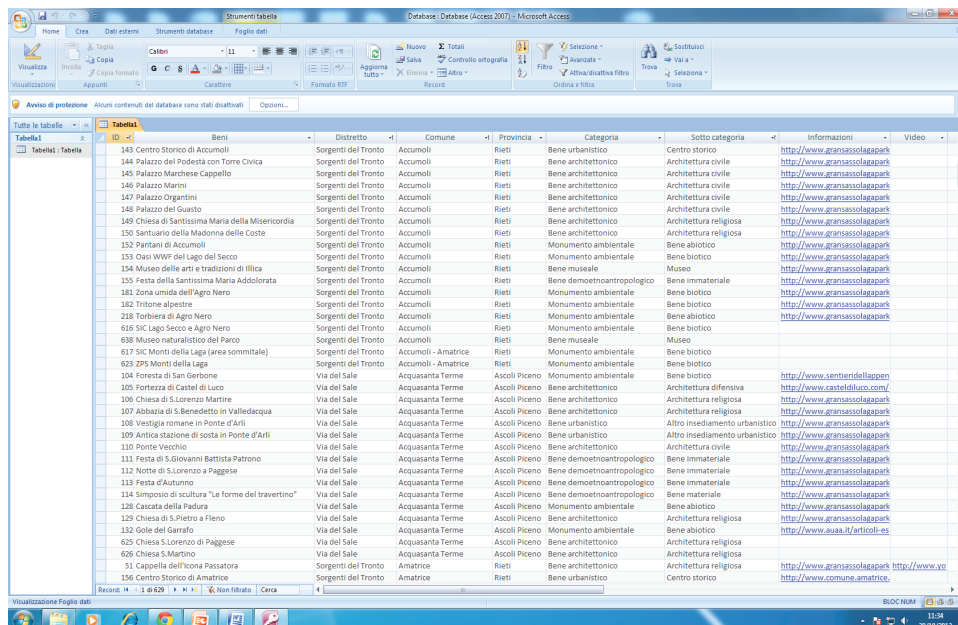
standard e metodologie condivise a livello nazionale, di ricostruire l'identità e la valenza dei beni, collocandole nel contesto delle relazioni storiche, logiche e spaziali (www.iccd.beniculturali.it).

## 3.2 La tassonomia

Successivamente si è reso necessario nominare una tassonomia per i beni selezionati al fine di inquadrare la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio culturale e naturale dell'area di studio.

Attraverso le raccomandazioni internazionali dell'UNESCO e le indicazioni provenienti dai Council of Europe sui beni culturali[5], dall'ICCD[6] e dall'ICOM[7], si è giunti ad una proposta tassonomica articolata in sette categorie e ventitré sotto categorie (Tabella 2).

*Tab. 2 – Tassonomia dei beni culturali ed ambientali del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga.*

| Categorie | Sottocategorie |
|---|---|
| Monumenti ambientali | Beni abiotici (geologia e geomorfologia) |
| | Beni biotici (flora, fauna e habitat) |
| | Beni antropici |
| Beni archeologici | Archeologia preistorica |
| | Archeologia classica |
| | Archeologia medievale |
| | Archeologia industriale |
| Beni urbanistici | Centri storici |
| | Insediamenti isolati e rurali |
| | Quartieri urbani antichi |
| | Altri insediamenti urbanistici |
| Beni architettonici | Architettura civile |
| | Architettura religiosa |
| | Architettura difensiva |
| | Architettura del lavoro |
| | Altre opere |
| Beni demoetnoantropologici | Beni materiali |
| | Beni immateriali |
| Beni museali | Musei |
| | Centri culturali |
| | Centri di raccolta |
| Beni archivistici | Archivi |
| | Biblioteche |

*Fonte: Elaborazione propria*

[5] Sono stati visionati e presi in considerazione i documenti provenienti dai Consigli del 1999 e del 2009.

[6] Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione del Ministero per i Beni e le Attività Culturali.

[7] International Council Of Museum.

I DataBase (DB) permettono di collegare diverse cartografie con canali comunicativi alternativi quali file di testo, immagini, riproduzioni audio e video, consentendo l'effettuazione di riferimenti interni tra la sezione grafica e quella informativa degli attributi (Consorti e Matani, 2008).

| ID | Beni | Distretto | Comune | Provincia | Categoria | Sotto categoria | Informazioni | Video |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 143 | Centro Storico di Accumoli | Sorgenti del Tronto | Accumoli | Rieti | Bene urbanistico | Centro storico | http://www.gransassolagapark | |
| 144 | Palazzo del Podestà con Torre Civica | Sorgenti del Tronto | Accumoli | Rieti | Bene architettonico | Architettura civile | http://www.gransassolagapark | |
| 145 | Palazzo Marchese Cappello | Sorgenti del Tronto | Accumoli | Rieti | Bene architettonico | Architettura civile | http://www.gransassolagapark | |
| 146 | Palazzo Marini | Sorgenti del Tronto | Accumoli | Rieti | Bene architettonico | Architettura civile | http://www.gransassolagapark | |
| 147 | Palazzo Organtini | Sorgenti del Tronto | Accumoli | Rieti | Bene architettonico | Architettura civile | http://www.gransassolagapark | |
| 148 | Palazzo del Guasto | Sorgenti del Tronto | Accumoli | Rieti | Bene architettonico | Architettura civile | http://www.gransassolagapark | |
| 149 | Chiesa di Santissima Maria della Misericordia | Sorgenti del Tronto | Accumoli | Rieti | Bene architettonico | Architettura religiosa | http://www.gransassolagapark | |
| 150 | Santuario della Madonna delle Coste | Sorgenti del Tronto | Accumoli | Rieti | Bene architettonico | Architettura religiosa | http://www.gransassolagapark | |
| 152 | Pantani di Accumoli | Sorgenti del Tronto | Accumoli | Rieti | Monumento ambientale | Bene abiotico | http://www.gransassolagapark | |
| 153 | Oasi WWF del Lago del Secco | Sorgenti del Tronto | Accumoli | Rieti | Monumento ambientale | Bene biotico | http://www.gransassolagapark | |
| 154 | Museo delle arti e tradizioni di Illica | Sorgenti del Tronto | Accumoli | Rieti | Bene museale | Museo | http://www.gransassolagapark | |
| 155 | Festa della Santissima Maria Addolorata | Sorgenti del Tronto | Accumoli | Rieti | Bene demoetnoantropologico | Bene immateriale | http://www.gransassolagapark | |
| 181 | Zona umida dell'Agro Nero | Sorgenti del Tronto | Accumoli | Rieti | Monumento ambientale | Bene biotico | http://www.gransassolagapark | |
| 182 | Tritone alpestre | Sorgenti del Tronto | Accumoli | Rieti | Monumento ambientale | Bene biotico | http://www.gransassolagapark | |
| 218 | Torbiera di Agro Nero | Sorgenti del Tronto | Accumoli | Rieti | Monumento ambientale | Bene abiotico | http://www.gransassolagapark | |
| 616 | SIC Lago Secco e Agro Nero | Sorgenti del Tronto | Accumoli | Rieti | Monumento ambientale | Bene biotico | | |
| 638 | Museo naturalistico del Parco | Sorgenti del Tronto | Accumoli | Rieti | Bene museale | Museo | | |
| 617 | SIC Monti della Laga (area sommitale) | Sorgenti del Tronto | Accumoli - Amatrice | Rieti | Monumento ambientale | Bene biotico | | |
| 623 | ZPS Monti della Laga | Sorgenti del Tronto | Accumoli - Amatrice | Rieti | Monumento ambientale | Bene biotico | | |
| 104 | Foresta di San Gerbone | Via del Sale | Acquasanta Terme | Ascoli Piceno | Monumento ambientale | Bene biotico | http://www.sentieridellappen | |
| 105 | Fortezza di Castel di Luco | Via del Sale | Acquasanta Terme | Ascoli Piceno | Bene architettonico | Architettura difensiva | http://www.casteldiluco.com/ | |
| 106 | Chiesa di S.Lorenzo Martire | Via del Sale | Acquasanta Terme | Ascoli Piceno | Bene architettonico | Architettura religiosa | http://www.gransassolagapark | |
| 107 | Abbazia di S.Benedetto in Valledacqua | Via del Sale | Acquasanta Terme | Ascoli Piceno | Bene architettonico | Architettura religiosa | http://www.gransassolagapark | |
| 108 | Vestigia romane in Ponte d'Arli | Via del Sale | Acquasanta Terme | Ascoli Piceno | Bene urbanistico | Altro insediamento urbanistico | http://www.gransassolagapark | |
| 109 | Antica stazione di sosta in Ponte d'Arli | Via del Sale | Acquasanta Terme | Ascoli Piceno | Bene urbanistico | Altro insediamento urbanistico | http://www.gransassolagapark | |
| 110 | Ponte Vecchio | Via del Sale | Acquasanta Terme | Ascoli Piceno | Bene architettonico | Architettura civile | http://www.gransassolagapark | |
| 111 | Festa di S.Giovanni Battista Patrono | Via del Sale | Acquasanta Terme | Ascoli Piceno | Bene demoetnoantropologico | Bene immateriale | http://www.gransassolagapark | |
| 112 | Notte di S.Lorenzo a Paggese | Via del Sale | Acquasanta Terme | Ascoli Piceno | Bene demoetnoantropologico | Bene immateriale | http://www.gransassolagapark | |
| 113 | Festa d'Autunno | Via del Sale | Acquasanta Terme | Ascoli Piceno | Bene demoetnoantropologico | Bene immateriale | http://www.gransassolagapark | |
| 114 | Simposio di scultura "Le forme del travertino" | Via del Sale | Acquasanta Terme | Ascoli Piceno | Bene demoetnoantropologico | Bene materiale | http://www.gransassolagapark | |
| 128 | Cascata della Padura | Via del Sale | Acquasanta Terme | Ascoli Piceno | Monumento ambientale | Bene abiotico | http://www.gransassolagapark | |
| 129 | Chiesa di S.Pietro a Fleno | Via del Sale | Acquasanta Terme | Ascoli Piceno | Bene architettonico | Architettura religiosa | http://www.gransassolagapark | |
| 132 | Gole del Garrafo | Via del Sale | Acquasanta Terme | Ascoli Piceno | Monumento ambientale | Bene abiotico | http://www.auaa.it/articoli-es | |
| 625 | Chiesa S.Lorenzo di Paggese | Via del Sale | Acquasanta Terme | Ascoli Piceno | Bene architettonico | Architettura religiosa | | |
| 626 | Chiesa S.Martino | Via del Sale | Acquasanta Terme | Ascoli Piceno | Bene architettonico | Architettura religiosa | | |
| 51 | Cappella dell'Icona Passatora | Sorgenti del Tronto | Amatrice | Rieti | Bene architettonico | Architettura religiosa | http://www.gransassolagapark | http://www.yo |
| 156 | Centro Storico di Amatrice | Sorgenti del Tronto | Amatrice | Rieti | Bene urbanistico | Centro storico | http://www.comune.amatrice. | |

*Fig. 2 – Il DataBase contenente le informazioni sui beni culturali ed ambientali del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga.*
*Fonte: Elaborazione propria*

L'analisi incrociata degli elementi estrapolati dai documenti elencati nel paragrafo 2.1 ha permesso la composizione del DB oggetto di questo studio: costruito in ambiente Microsoft Access e contenente informazioni dinamiche ed interattive, possiede una struttura facilmente aggiornabile in qualsiasi momento. Ad ogni record sono associate:

- indicazioni geografiche riferite alla localizzazione di ogni singolo bene: indirizzo, comune, provincia e distretto di appartenenza;
- categorizzazione e sottocategorizzazione di ogni singolo bene;
- informazioni di base provenienti dai siti internet istituzionali di riferimento[8];
- video realizzati da amministratori locali e membri degli uffici tecnici degli Enti prestabiliti (Ufficio del Parco, Regioni, Province e Comuni) caricati sul sito www.youtube.com;
- immagini originali dei beni culturali ed ambientali del Parco facenti parte dell'archivio fotografico dell'AGAT[9].

---

8 In particolare www.gransassolagapark.it e www.cultura.regione.abruzzo.it.

9 Associazione Geografica per l'Ambiente e il Territorio.

### 3.3 Dal DataBase al GeoDataBase attraverso un approccio neogeografico: il tool Batchgeo

La neogeografia è un fenomeno sociale che si basa sulla libera condivisione di informazioni geografiche e mappe virtuali attraverso i *Map Mash-up*, delle applicazioni web composte da software e dati facilmente integrabili tra loro (Butler, 2006). I cittadini possono liberamente rappresentare un territorio ed i suoi aspetti, attraverso propri criteri di spazialità, temporalità e direzione creativa (Graham, 2010).

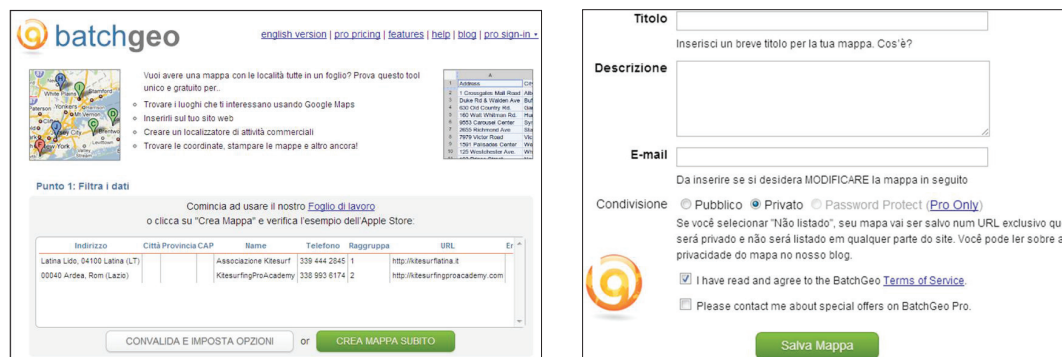
Ispirata al movimento di massa dei *locative media* (Haden, 2008), la neogeografia semplifica le complesse tecniche cartografiche dei più tradizionali sistemi informativi geografici, permettendo, anche a utenti non esperti, di creare e utilizzare mappe combinando elementi di un set, esistente in rete (Turner, 2006). Mentre i GIS rimangono ristretti all'uso di specialisti estremamente qualificati, i visualizzatori di mappe come Google Maps e Google Earth ed i software di cartografia collaborativa come OpenStreetMap, hanno di fatto accresciuto l'interesse pubblico per la neogeografia che quindi risulta essere un prodotto del Web 2.0, la *business devolution in the computer industry* (O'Reilly, 2006), che a partire dal 2005 ha favorito la fruizione di diverse applicazioni *on-line*, migliorando la qualità del rapporto tra portale e utente.

Seppur il termine neogeografia sia stato utilizzato in passato con accezioni relative alla pianificazione territoriale, all'economia spaziale e alla sociologia della produzione (Di Somma, 2012), la definizione contemporanea della neogeografia la fornisce la ricercatrice statunitense Di-Ann Eisnor: «*un diverso insieme di pratiche che operano al di fuori, o parallelamente o similmente a quelle dei geografi professionisti. Piuttosto che fare riferimento a standard scientifici, le metodologie della neogeografia si dirigono verso l'intuitivo, l'espressivo, il personale, l'assurdo e/o l'artistico, ma possono essere semplicemente l'applicazione di 'reali' tecniche geografiche. Ciò non significa che tali pratiche non siano anche in uso alle scienze geografiche e cartografiche, ma che di solito non si conformano ai protocolli della pratica professionale*» (Brundu, 2013, p. 68).

La parola chiave è dunque partecipazione e l'obiettivo è rendere il cittadino indipendente dalle organizzazioni commerciali che creano e riproducono cartografia. La dimensione collaborativa della creazione di mappe permette la diffusione, il controllo e l'aggiornamento del contenuto generato dalla moltitudine di individui coinvolti anche se, l'utilizzo del *mash-up* non fornisce un alto livello di scientificità ai prodotti finali che rimangono pura espressione della geografia volontaria (Goodchild, 2007).

La differenza tra i GIS e la neogeografia è che mentre con i primi ci si affida alla precisione e alle tecniche approfondite di rappresentazione dell'informazione geografica, nella neogeografia la prerogativa di partenza è la creazione di contenuti grafici in maniera semplice ed intuitiva (Rana e Joliveau, 2009), secondo i principi della nuova offerta cartografica che si va costantemente diversificando in relazione alle insorte esigenze sociali che modificano i contesti politici e territoriali. L'obiettivo è adattarsi al moderno destinatario di tali informazioni, che ha ormai un profilo ibrido e che possiede piena capacità di interazione e di intervento cartografico (Casti, 2013).

La condivisione di informazioni è dunque una delle prerogative essenziali della neogeografia e lo diventa ancora di più quando ci si trova a dover analizzare fenomeni come i beni culturali e ambientali. La comunità neogeografica è in continua espansione ed è composta da sviluppatori e semplici utenti che tentano di promuovere standard innovativi con strumenti sempre più all'avanguardia per semplicità di utilizzo (Turner, 2006).

Uno di questi strumenti è Batchgeo, un *tool* gratuito utilizzato per realizzare mappe di google con indicatori di località multipli: grazie all'ausilio di Batchgeo sono stati rappresentati cartograficamente i beni del Parco. Direttamente dall'interfaccia di Google Maps è possibile individuare le evidenze culturali dell'area di studio ed interagire con gli attributi alfanumerici e multimediali di ogni singolo bene.

Batchgeo è un servizio che non richiede nessun tipo di download e permette di costruire rapidamente cartografie interattive. Esso trasforma un semplice DB, costruito in ambiente Microsoft Excel o Access, oppure Google Docs, o ancora OpenOffice Calc, in un GDB.

Diversamente da altri servizi che richiedono di creare accessi e caricare file, batchgeo consente di creare una mappa semplicemente copiando una lista di indirizzi che saranno prontamente visualizzati attraverso le mappe di Google (www.batchgeo.com).

La precisione del dato di output è discretamente affidabile, tuttavia in alcuni casi può capitare che l'indirizzo selezionato nel DB non corrisponda precisamente, causa un errore di nominazione, a quello di Google. In fase di post processing i dati sono stati verificati sia attraverso un'attenta rilevazione sul campo dei beni inizialmente inventariati, sia rinominando correttamente gli indirizzi non conformi agli standard di Batchgeo.

Per una condivisione globale su altri mezzi quali social network, siti internet o con altri contatti che non siano Google, è sufficiente copiare il link che il sistema fornisce automaticamente al momento della creazione di una mappa ed incollarlo sulle proprie pagine web e sulle personali bacheche facebook e twitter.

Una volta creata e salvata la mappa saranno pertanto attive una serie di opzioni che permetteranno di condividere i dati e le informazioni geografiche con altri utenti e di personalizzare graficamente i contenuti. Tra le altre opzioni previste dal programma è prevista la possibilità di ottenere delle indicazioni stradali per destinazioni multiple e calcolare le distanze in miglia o chilometri e le cartografie potranno anche essere salvate in formato .kml/ .kmz e caricate su Google Earth sia per attivare la visione 3D, sia per creare uno o più percorsi tematici.

*Fig. 3 – A sx: Home Page di www.batchgeo.com;*
*A dx: Personalizzazione e condivisione di una mappa su www.batchgeo.com*
*Fonte: www.batchgeo.com*

# 4. Risultati

## 4.1 Analisi dei dati

La categorizzazione ha messo in risalto, quantitativamente e qualitativamente, le principali tipologie di beni presenti all'interno del Parco: da essa deriva la gestione e l'organizzazione delle risorse culturali ed ambientali di un territorio che, dal termine del dominio romano in Italia, è stato sempre marginale

e di confine, stretto tra lo Stato della Chiesa e i domini bizantini, successivamente estremità meridionale del Ducato di Spoleto ed infine posto a delimitare a settentrione il Regno normanno, quindi angioino, aragonese e borbonico (Burri e Centofanti, 2002). L'evidente caratterizzazione montana, dovuta alla presenza delle catene del Gran Sasso, dei Monti della Laga e dei Monti Gemelli, non ha impedito a questo territorio di essere occupato dalle varie dominazioni che si sono succedute (Di Somma, 2012). L'area di più intensa occupazione umana rimane quella meridionale, dove le condizioni climatiche ed ambientali sono più favorevoli all'insediamento (Tammaro et al., 1995).

La ricerca ha portato all'individuazione di 629 beni culturali ed ambientali situati all'interno del Parco e nelle aree al di fuori del suo perimetro che rientrano però nel processo di distrettualizzazione (Figura 1 dx). È possibile notare dalla Figura 4 come si registri una discreta omogeneità riguardante la presenza di beni tra gli undici distretti del Parco, con una concentrazione maggiore nei distretti Strada Maestra, Grandi Abbazie e Terre della Baronia.

| Distretto | N. Beni |
|---|---|
| Via del Sale | 35 |
| Tra i due Regni | 41 |
| Sorgenti del Tronto | 59 |
| Cascate e Boschi | 67 |
| Alta Valle Aterno | 55 |
| Strada Maestra | 77 |
| Valle Siciliana | 50 |
| Alte Vette | 21 |
| Terre della Baronia | 75 |
| Grandi Abbazie | 77 |
| Valle del Tirino | 42 |
| Beni di più distretti | 30 |
| Totale | 629 |

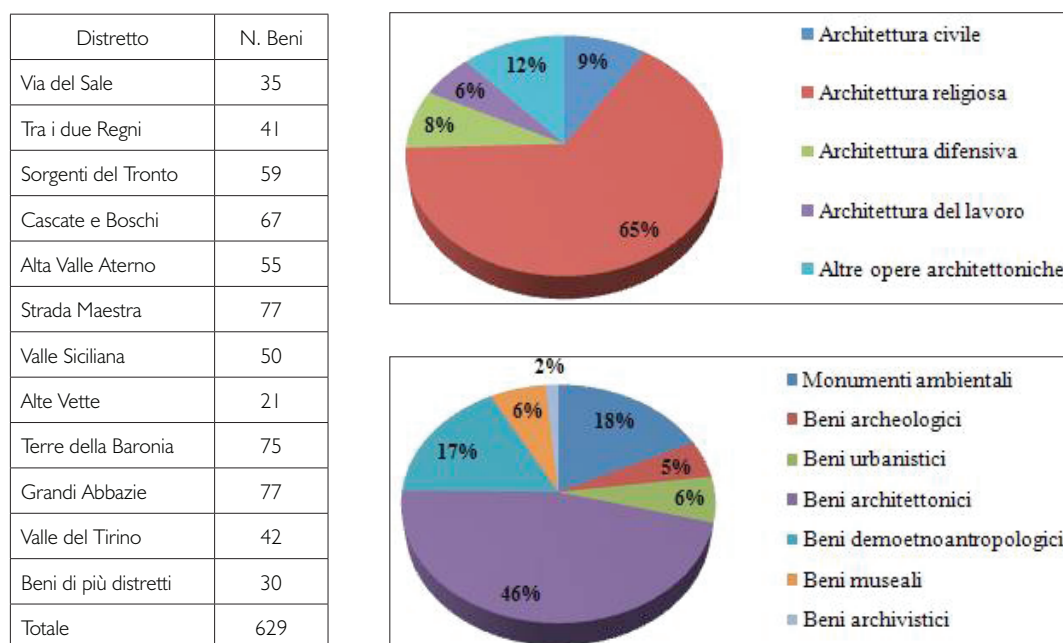



*Fig. 4 – Beni culturali ed ambientali negli undici distretti del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga; in alto a dx: categorie dei beni culturali ed ambientali presenti nell'area di studio – valori espressi in percentuale; in basso a dx: sottocategorie dei beni architettonici presenti nell'area di studio – valori espressi in percentuale.*
*Fonte: Elaborazione propria*

Oltre il 46% dei beni sono architettonici, il 65% dei quali rientrano nella sottocategoria "Architettura religiosa": chiese, monasteri, abbazie ed eremi costituiscono gran parte del patrimonio culturale di questa zona, a testimonianza della cultura sacrale che ha saputo rinnovarsi nei secoli nonostante molte di queste strutture siano andate distrutte o danneggiate da guerre, invasioni e terremoti (Di

Somma, 2012). Esemplari eccellenti sono la Chiesa dell'Icona Passatora[10] ad Amatrice, nella frazione di Retrosi, la Chiesa di S.Pietro ad Oratorium nel comune di Capestrano e la Chiesa di S.Maria Assunta di Assergi.

### 4.2 Ricerca sul campo

Terminata la compilazione del DB si è provveduto ad una verifica del materiale inventariato attraverso un censimento diretto: in questo tipo di ricerca il lavoro sul campo permette di effettuare comparazioni con altre fonti indirette e di reperire eventuali informazioni inedite (Massimo et al., 2005). Nel periodo compreso tra maggio ed ottobre 2012 sono stati individuati sul territorio i 629 beni catalogati, ad esclusione dei beni demoetnoantropologici che sono stati unicamente riportati nel GDB finale.

Per quanto riguarda l'architettura religiosa, è importante sottolineare come l'elevato numero di chiese e opere sacre presenti sul territorio dipende in gran parte dalla particolare tipologia di località abitate situate in questo territorio: sono frequenti frazioni composte da gruppi di case raggruppate e/o sparse, nelle quali risiedono poche famiglie o, in alcuni casi più estremi, meno di dieci persone (www.istat.it). Come detto precedentemente sono 44 i comuni che gravitano sul Parco e che, complessivamente, ospitano 369 località abitate (Piano del Parco, 2004).

L'emblema dell'architettura difensiva del Parco è senza dubbio Rocca Calascio (L'Aquila), il castello più alto d'Italia, che in età medievale possedeva la funzione di torre di avvistamento delle terre dei Carapelle (Damiani e Marramà, 2005).

L'architettura civile caratterizza i centri storici dei principali comuni situati all'interno del Parco. Tra le principali opere si segnalano il Palazzo del Parlamento e la Casa del Farmacista di Campli (Teramo), il Palazzo del Podestà con la Torre Civica di Accumoli (Rieti) e il Palazzo del Capitano a Castelvecchio Calvisio (L'Aquila).

Habitat prioritari[11], SIC, ZPS, zone umide, cascate, foreste, grotte e torbiere[12] costituiscono il 18% dei beni considerati e formano il patrimonio naturale del Parco. La diversità geomorfologica è essenzialmente caratterizzata dai due ambienti di sedimentazione che nel Mesozoico hanno preso forma secondo i domini paleogeografici del "bacino" nella zona settentrionale del Parco e della "piattaforma" in quella meridionale (Burri e Centofanti, 2002). Il patrimonio idrogeologico è costituito dalle numerose sorgenti che popolano i Monti della Laga, mentre nell'area permeabile del Gran Sasso le acque di precipitazione si infiltrano, alimentando le falde sotterranee (Di Somma, 2012).

L'ambiente vegetazionale si manifesta attraverso le 2.364 specie che sono state censite fino ad oggi (www.gransassolagapark.it): le specie endemiche costituiscono il 6% della flora del Gran Sasso e l'8% di quella della Laga (Biondi et al., 2002); i piani collinari sono dominati dai querceti di roverella (*Quercus pubescens*) e cerro (*Quercus cerris*); i piani montani sono costituiti da boschi di faggio (*Fagus sylvatica*) e di abete bianco (*Abies alba*); i piani subalpini ospitano numerosi esemplari di mirtillo nero (*Vaccinium myrtyllus*) e ginepro nano (*Juniperus communis* subsp. *alpina*); i piani alpini sono popolati

[10] Importante per i suoi affreschi, restaurati e ricostruiti fedeli agli originali, tra gli anni Cinquanta e Ottanta del XX secolo (Burri e Centofanti, 2002).

[11] Sono così chiamati gli habitat naturali che rischiano di scomparire dal territorio europeo, per la cui conservazione la Comunità ha una responsabilità particolare a causa dell'importanza della parte della loro area di distribuzione naturale compresa nel territorio europeo (Biondi e Blasi, 2009).

[12] A causa dell'escavazione della torba e della successiva realizzazione del lago, è andata quasi del tutto scomparendo la Torbiera di Campotosto, che all'inizio del XX secolo era la più grande torbiera dell'Appennino.

da piante erbacee, tra tutte l'adonide curvata (*Adonis distorta*), definita dal botanico del XIX secolo Emile Levier "la bella delle belle" (Burri e Centofanti, 2002).

*Figura 5 – Beni culturali del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga. A sx: Abbazia di S.Benedetto in Valledacqua presso il comune di Acquasanta Terme (Ascoli Piceno). Al centro: Castello di Arquata del Tronto (Ascoli Piceno). A dx: Scala Santa ([13]) di Campli (Teramo). Foto di Andrea Di Somma*

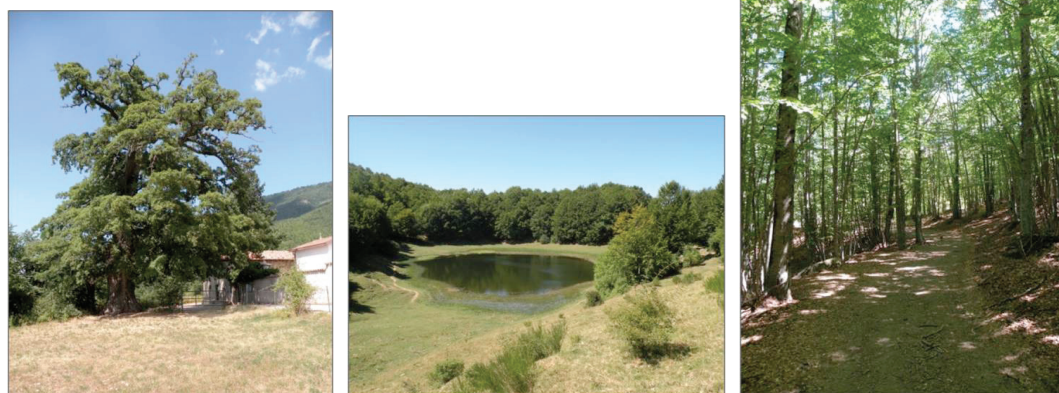



*Fig. 6 – Monumenti ambientali del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga. A sx: il Cerro di Sant'Angelo[14] il più grande Cerro d'Italia (22 m. di altezza, 7 m. di diametro, età: 600 anni). Al centro: Sito di Importanza Comunitario Lago Secco e Agro Nero[15]. A dx: Faggete protette sulla catena del Gran Sasso. Foto di Andrea Di Somma*

[13] Nel 1776 in occasione del Giubileo. 28 gradini in legno di ulivo che viene percorsa dai fedeli in ginocchio al fine di ottenere l'indulgenza plenaria dalle colpe commesse. Unica al mondo insieme a quella di S.Giovanni a Roma

[14] Situato in località Amatrice (Rieti).

[15] Il Lago Secco è un'Oasi del WWF per la protezione del Tritone Alpestre (*Ichthyosaura alpestris*); l'Agro Nero è una torbiera situata ad un'altitudine di oltre 1.500 m.s.l.m.

Una novità degli ultimi dieci anni, in questione di catalogazione di beni culturali, introdotta in prima istanza dall'ICCD (Vecco, 2011), è l'inserimento dei beni demoetnoantropologici (www.iccd.beniculturali.it) materiali (relativi ad oggetti tangibili) ed immateriali (relativi a segni distintivi, celebrazioni e opere di ingegno). La Conferenza Generale dell'UNESCO[16], riunitasi a Parigi il 17 ottobre 2003 nella sua 32ª edizione, considera l'interdipendenza tra patrimonio culturale tangibile e patrimonio culturale immateriale (Di Somma, 2012), mettendo in atto misure a favore della salvaguardia di quest'ultimo attraverso la trasmissione fra le generazioni, l'identificazione, la documentazione e la preservazione dei luoghi, dell'ambiente naturale e del paesaggio culturale e sociale che ha prodotto e che produce il bene in oggetto (www.unesco.beniculturali.it). Nel GDB sono state pertanto inserite una serie di feste patronali, religiose e popolari, rievocazioni storiche, costumi tradizionali, processioni, manifestazioni di canto a braccio e una ricetta culinaria[17].

Il 6% dei beni presenti sono museali, tra cui centri culturali, musei e centri di raccolta. Questo dato testimonia come la popolazione e le amministrazioni locali investano risorse nella conservazione della cultura e della natura. Tra le ultime innovazioni bisogna citare il bene museale didattico "Parco in Miniatura" (Amatrice, Rieti) che contiene un plastico dell'intero Parco nazionale. Realizzato nell'ambito del progetto "Le Porte del Parco", propone un percorso turistico – ambientale che offre al visitatore, attraverso un sistema integrato di elementi identificativi, una rappresentazione evocativa di tutto il territorio dell'area protetta (www.comune.amatrice.rieti.it). In particolare il plastico comprende sia gli elementi storici ed architettonici, sia le peculiarità ambientali e geomorfologiche.

*Figura 7 – Panoramica di alcuni beni culturali ed ambientali del Parco.*
*In alto a sx: Rocca Calascio. In alto a dx: il massiccio del Gran Sasso.*
*In basso a sx: il ghiacciaio del Calderone. In basso a dx: la Chiesa dell'Icona Passatora.*
*Foto di Angelo Ferrari*

[16] The Convention for Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage, ratificata dall'Italia il 27 settembre 2007.

[17] L'antica ricetta degli spaghetti all'amatriciana.

La Rocca Calascio, la Chiesa dell'Icona Passatora, il ghiacciaio del Calderone e il Corno Grande rappresentano i quattro beni culturali e naturali simbolo del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga (Figura 7).

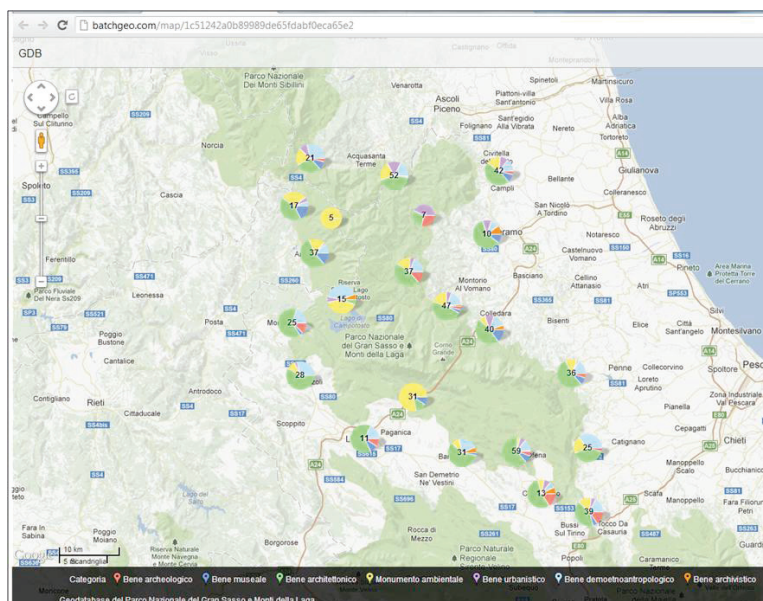
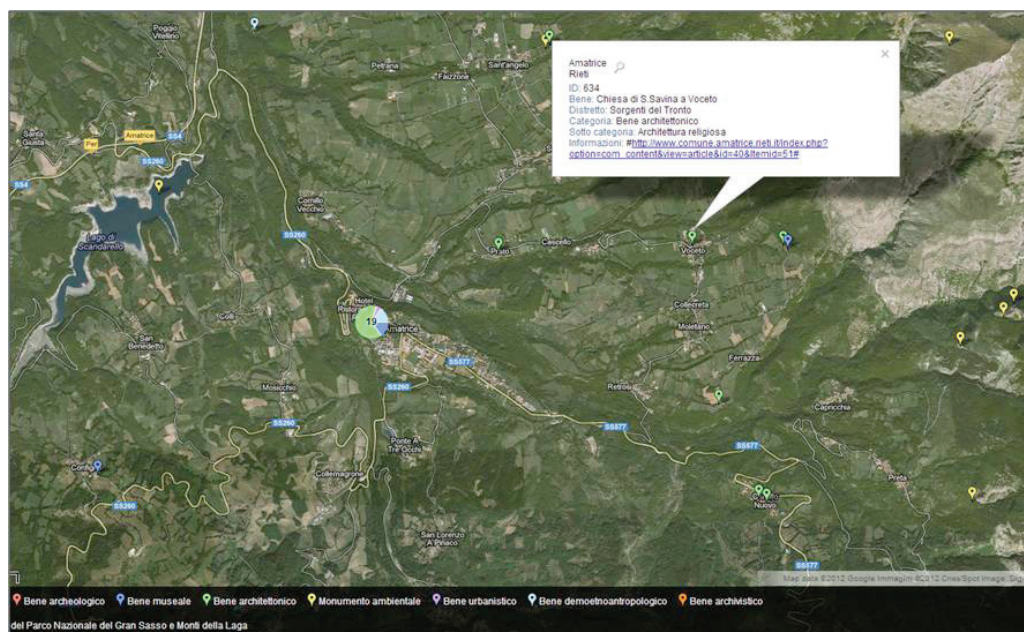
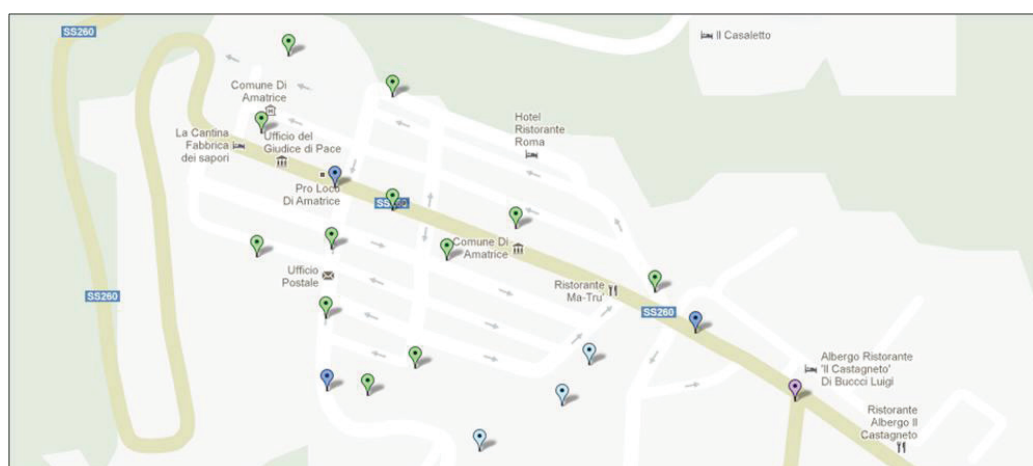
### 4.3 La composizione del GDB

Come specificato nel paragrafo 3.3, attraverso Batchgeo è stato possibile riportare le informazioni inserite nel DB nell'interfaccia di Google Maps.

Nella figura 8 è riportato un esempio delle possibili visualizzazioni fornite da Batchgeo: Rilievo, Satellite, Map e Street View. In particolare nella prima immagine (A) viene riportata una panoramica generale di tutta l'area oggetto di studio e della distribuzione, quantitativa e qualitativa, dei beni culturali e naturali.

Analizzando il contesto ad una scala più dettagliata si entra in modalità satellite nell'area della conca amatriciana (B). In basso la legenda riporta le sette categorie principali di beni culturali ed ambientali. È possibile notare come 19 beni siano localizzati dentro il centro storico di Amatrice e i restanti nelle frazioni circostanti, o più correttamente "ville" secondo la terminologia locale (Alesi et. al., 2005). Ad ogni bene è associata una "cartella riferimenti" nella quale sono riportate tutte le informazioni caricate sul DB iniziale, compreso il riferimento alla pagina web dove reperire maggiori informazioni sul bene in questione.

Ancora più in dettaglio (C), si può ingrandire l'immagine per visualizzare, questa volta in modalità mappa, l'area del centro storico di Amatrice dove è possibile esaminare la corretta posizione dei beni. L'ultimo step è lo Street View (D) per caricare le immagini a livello stradale.

*Figura 8 – Le quattro possibili visualizzazioni su Batchgeo. Fonte: Elaborazione propria*

*A) Panoramica generale del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga in modalità "Rilievo" e quantificazione dei beni presenti;*

*B) Area della conca amatriciana in modalità "Satellite";*

*C) Localizzazione dei beni all'interno del centro storico di Amatrice (Rieti) in modalità "Map";*

*D) Immagine a livello stradale della Chiesa di San Francesco in Amatrice (Rieti) in modalità "Street View"*

## 5. Conclusioni

Attualmente sono state completate le prime due fasi del lavoro: terminata la ricerca bibliografica e la composizione tassonomica è stato realizzato il GDB sui beni culturali ed ambientali del Parco. Lo sviluppo futuro del progetto consisterà nell'esportazione dei dati elaborati in *.kml/ .kmz* per ottenere una visualizzazione in 3D di alcuni elementi storico-architettonici e paesaggistici. Terminata la fase progettuale saranno formulate delle proposte di itinerari turistici culturali e naturalistici da realizzare sempre in ambiente open source e scaricabili gratuitamente dal web. Questo permetterà di poter visualizzare in qualunque momento la carta culturale e naturale del Parco e tutte le informazioni sui singoli attributi, anche su dispositivi *smartphone*.

## Bibliografia

ALESI A., CALIBANI M., PALERMI A. (2005), *Monti della Laga – Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga – Le più belle escursioni*, Società Editrice Ricerche, Ascoli Piceno.

ALESSANDRINI, A. (1978), I Monti della Laga, Natura e Montagna, 25: 37-45.

BIONDI, E.; BLASI, C. (2009), *Manuale italiano di interpretazione degli habitat della Direttiva 92/43/ CEE*, Società Botanica Italiana e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

BIONDI E., ALLEGREZZA M., TAFFETANI F., BALLELLI S., ZUCCARELLO V. (2002), Excursion to the National Park of Gran Sasso and Monti della Laga, Fitosociologia, 39 (1) suppl. 3: 43-90.

BRUNDU B. (2013), Neogeography e virtualizzazione del territorio. Un caso di studio, Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia, aprile 2013, n.147, pp. 67-78

BURRI, E., CENTOFANTI, M. (2002), *Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga*, Carsa Edizioni, Pescara.

BUTLER D. (2006), Mashups mix data into global service. Is this the future for scientific analysis?, *Nature*, n. 439, settembre, pp.6-7

CASTI E. (2013), Cartografia critica. Dal topos alla chora, Edizioni Angelo Guerini e Associati, Milano

CICERCHIA A. (2002), Il bellissimo vecchio. Argomenti per una geografia del patrimonio culturale, Franco Angeli, Roma.

CONSIGLIO DIRETTIVO DELL'ENTE PARCO NAZIONALE DEL GRAN SASSO E MONTI DELLA LAGA (2004), Piano del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga.

CONSORTI V., MATANI L. (2008), L'integrazione su base geografica dei beni culturali nell'ambito della comunicazione multimediale, Atti 12° Conferenza Nazionale ASITA, L'Aquila 21-24 ottobre 2008: 821-826.

CONSORTI V., DI RENZO F., MATANI L. (2008), Sistemi per la documentazione e gestione dei beni culturali in ambito web-gis, Atti 12° Conferenza Nazionale ASITA, L'Aquila 21-24 ottobre 2008: 833-838.

COUNCIL OF EUROPE (1999), Core data standard for archaeological sites and monuments, Council of Europe Publishing, Strasbourg.

COUNCIL OF EUROPE (2009), Guidance on inventory and documentation of the cultural heritage, Council of Europe Publishing, Strasbourg.

DAMIANI G., MARRAMÀ B. (2005), Civiltà della montagna. Il Parco nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga negli scatti di inizio Novecento di G. Marramà, Ricerche&Redazioni, Teramo.

DI SOMMA A. (2012), Un geodatabase per i beni culturali ed ambientali del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga, Atti 16ª Conferenza Nazionale ASITA", pp.635-642. Milano, GEO Eventi e Servizi.

HADEN D. (2008), A short enquiry into the origins and uses of the term "neogeography". An article from personal blog site.

FLANAGIN A., METZGER M. (2008), The credibility of volunteered geographic information, GeoJournal, n. 72.

GOODCHILD M. (2007), Citizens as sensor: the world of volunteered geography, *GeoJournal* n.69, pp.211-221

GOODCHILD M. (2009), NeoGeography and the nature of geographic expertise, Journal of Location Based Services, vol. 3, n. 2.

GRAHAM M. (2010), Neogeography and the Palimpsests of Place: Web 2.0 and the Construction of a Virtual Earth, Journal of Economic and Social Geography.

GUARRERA P., TAMMARO F. (1992), Aspetti naturalistici dei Monti della Laga e di altri territori montani circostanti, in: La Valle dell'Alto Vomano ed i Monti della Laga, Cassa di Risparmio di Teramo, 40-63.

LATINI M. (2000), Abruzzo, le vie della transumanza, Carsa Edizioni, Pescara.

MASSIMO D.E., BARBALACE A., CASTAGNELLA A.R., MERCURI A., VESCIO M. (2005), Contabilità e valutazione dei beni culturali e ambientali. Case study e recenti innovazioni, Atti 9ª Conferenza Nazionale ASITA, Catania 15-18 novembre 2005.

MASSIMO D.E., BARBALACE A., MERCURI A., CASTAGNELLA A.R., VESCIO M. (2005), "Valutazione in remoto dei beni culturali e ambientali con l'ausilio del webgis Atti 9ª Conferenza Nazionale ASITA, Catania 15-18 novembre 2005.

O'REILLY T. (2006), "Web 2.0 compact definition: trying again", http://radar.oreilly.com/archives/2006/12/Web_20:compact.html

PLINI P., DE SANTIS V., DI FRANCO S., SALVATORI R., TONDI G. (2008), Integrazione tramite GIS e WEBGIS di Dati Ambientali e Risorse Territoriali nel Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga, Atti 12° Conferenza Nazionale ASITA, L'Aquila 21-24 ottobre 2008: 1663-1668.

RANA S., JOLIVEAU T. (2009), NeoGeography: an extension of mainstream geography for everyone made by everyone?, Journal of Location Based Services, vol. 3, n. 2.

TAMMARO F., FRATTAROLI A.R., PIRONE G. (1995), Il Parco Nazionale del Gran Sasso e dei Monti della Laga, Natura e Montagna, 3/4: 25-44.

TURNER A. (2006), Introduction to Neogeography, O'Reilly Media.

VECCO M. (2011), L'evoluzione del concetto di patrimonio culturale, Franco Angeli, Roma.

## Sitografia

www.abruzzo.beniculturali.it
www.abruzzoturismo.it
www.auaa.it
www.batchgeo.com
www.beniculturali.it
www.cai.it
www.cartadelrischio.it
www.comune.amatrice.rieti.it
www.comuni-italiani.it
www.cultura.regione.abruzzo.it
www.galappenninoteramano.it
www.gransassolagapark.it
www.gransassoweb.it
www.iccd.beniculturali.it
www.istat.it
www.lagagransasso.it
www.lazioturismo.it
www.maps.google.it
www.parks.it
www.provincia.ap.it
www.provincia.laquila.it
www.provincia.pescara.it
www.provincia.rieti.it
www.provincia.teramo.it
www.regione.abruzzo.it
www.regione.lazio.it
www.regione.marche.it
www.turismo.marche.it
www.unesco.beniculturali.it
www.verdelaga.org
www.visitabruzzo.altervista.org

# INDAGINI TERMOGRAFICHE, TRASFORMAZIONI ARCHITETTONICHE E DEGRADO DEI MATERIALI NELLE CHIESE DEL CENTRO STORICO DI SILIQUA (SARDEGNA S-W)

# *THERMOGRAPHIC INVESTIGATIONS, ARCHITECTURAL TRANSFORMATION AND DETERIORATION OF THE MATERIALS IN THE CHURCHES OF THE CITY OF SILIQUA (SW SARDINIA)*

**Paolo Frongia[*], Felice Di Gregorio[**], Giuseppe Piras[***]**

## Riassunto

La termografia a raggi infrarossi, come noto, consente l'analisi strutturale di manufatti edilizi sulla base dell'individuazione di zone a differente temperatura e di possibili processi di scambio termico in stretta relazione con la risposta dei materiali utilizzati alle sollecitazioni termiche a cui sono interessati.
Le immagini termiche, soprattutto se acquisite mediante strumentazione caratterizzata da elevata risoluzione e sensibilità, consentono di mettere in evidenza, oltre alla presenza di anomalie legate a processi di alterazione e degradazione dei materiali utilizzati, eventuali trasformazioni architettoniche avvenute nella storia del manufatto e, in particolare, caratteri costruttivi originari nascosti da interventi posteriori.
Sulla base di questi presupposti, vengono esposti i risultati di una indagine applicata per lo studio di alcuni tra gli edifici storico-religiosi presenti nel paese di Siliqua (Sardegna sud-occidentale): la Chiesa di San Giorgio, la Chiesa di Sant'Anna e la Chiesa di Santa Margherita. La ricerca, in particolare, ha consentito di mettere in evidenza la struttura e la tessitura muraria dei prospetti principali, oggi coperta dall'intonaco e, sulla base di documenti storici e delle immagini fotografiche del passato, tarare la risposta termica acquisita in base alle specifiche caratteristiche dei materiali utilizzati.
Lo studio è stato condotto mediante l'utilizzo della *Termocamera IR Thermo Tracer TH9260 (NEC Avio Infrared Technologies Co., Ltd).*
***Parole chiave:*** termografia infrarosso, architetture monumentali, degrado, materiali.

## *Abstract*

*Infrared thermography, as known, allows the analysis of structural building elements on the basis of the identification of areas at different temperatures and possible heat transfer processes in close relationship with the response of the materials used to thermal stresses to which they are interested.*

* Dottore di Ricerca in Difesa del Suolo, Vulnerabilità Ambientale e Protezione Idrogeologica, Università degli Studi di Cagliari, pao.frongia1@studenti.unica.it

** Professore Associato di Geologia Ambientale, Dipartimento Scienze Chimiche e Geologiche, Università degli Studi di Cagliari, digregof@unica.it

*** Dottore di Ricerca in Geografia Ambientale, Università degli Studi di Cagliari, piras.giuseppe@tiscali.it

*The thermal images, especially if acquired through instrumentation characterized by high resolution and sensitivity, allow to put in evidence, in addition to the presence of anomalies associated with processes of alteration and degradation of the materials used, any architectural transformations occurred in the history of the article and, in particular, original characters constructive hidden by later interventions.*
*Based on these assumptions, the thermographic method has been applied to the study of some of the historical and religious buildings in the country of Siliqua (south-western Sardinia): the Church of San Giorgio, the Church of Sant'Anna and the Church of Santa Margherita. The research, in particular, has made it possible to highlight the structure and texture of the main elevations of walls, now covered by plaster, and, on the basis of historical documents and photographs of the past, adjust the thermal response acquired with the specific materials used.*
*The study has been carried through non-destructive telemetry investigations through the use of Thermal Imaging Camera IR Thermo Tracer TH9260 (NEC Avio Infrared Technologies Co., Ltd).*
**Keywords:** *infrared thermography, monumental architecture, degradation of material*

## 1. La termografia e le sue applicazioni

Tutti i corpi emettono radiazione elettromagnetica in relazione alla propria temperatura. La termografia si fonda sula capacità di alcuni dispositivi di rivelare l'intensità della radiazione nella *zona termica* dello spettro elettromagnetico (Fig.1), cioè in una regione dell'infrarosso.

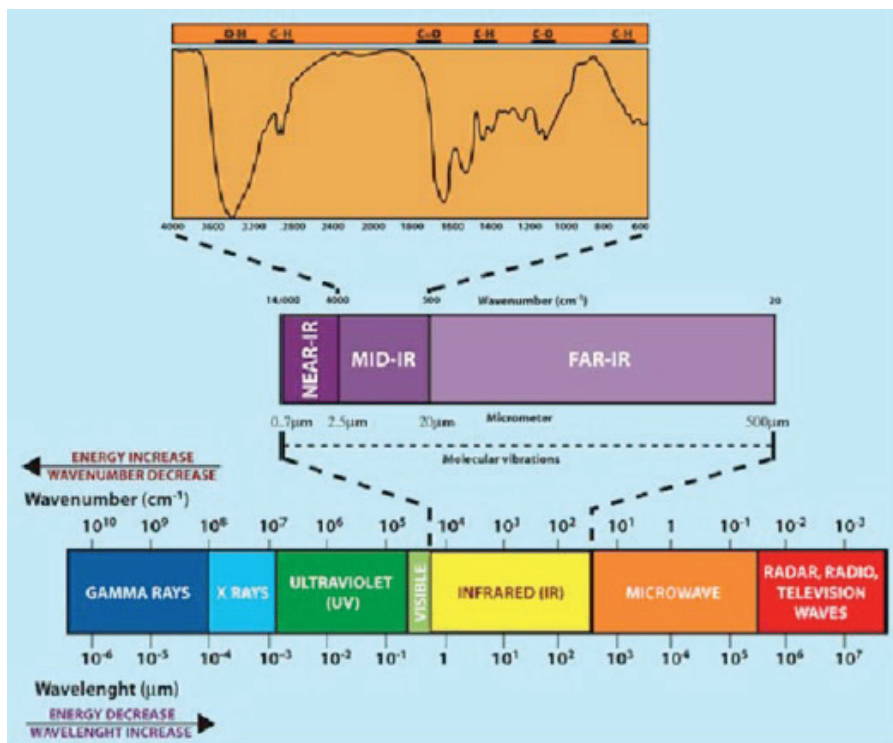



*Fig. 1 – Lo spettro delle radiazioni elettromagnetiche con il dettaglio del campo dell'infrarosso termico.*

La termografia infrarossa, con i sofisticati strumenti di analisi recenti, può essere concepita come una tecnica di misura per immagini della temperatura superficiale dei corpi assolutamente non invasiva.

In pratica la termografia permette di visualizzare valori assoluti e variazioni di temperatura degli oggetti indipendentemente dalla loro illuminazione nel campo del visibile. In base ai noti principi della fisica, la quantità di radiazioni emessa da un certo oggetto aumenta proporzionalmente alla quarta potenza della sua temperatura assoluta e la correlazione tra irraggiamento e temperatura è definita dalla Legge di Stefan Boltzmann (Atkins P., De Paula J., 2004) con la formula che segue

$$q = \varepsilon \sigma T^4$$

ove $\sigma$ è la costante di Stefan-Boltzmann e vale $5{,}6703 \times 10^{-8}\, W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$, $\varepsilon$ è l'emissività della superficie emittente (variabile tra i limiti teorici 0 e 1) e T è la sua temperatura assoluta.

Negli strumenti moderni, per semplicità e immediatezza di lettura, i livelli di grigio strumentali vengono convertiti in una scala convenzionale di colori che va dal blu scuro al rosso chiaro per ottenere un'indicazione quali-quantitativa immediata della temperatura rilevata, dalla più fredda alla più calda.

Nell'edilizia, nell'architettura e nell'ingegneria la termovisione, proprio in quanto mezzo di diagnosi non distruttiva, presenta un vasto campo di applicazioni come il rilevamento della presenza di umidità, l'identificazione di elementi architettonici nascosti, l'individuazione di distacchi negli intonaci o la presenza di lesioni ad essi sottostanti, lo stato di conservazione o degrado dei materiali, ecc..

Le discontinuità termiche causate dalla presenza di difetti o danneggiamenti, che si originano su una superficie muraria in seguito a cedimenti strutturali, infiltrazioni, riscaldamento, sono chiaramente evidenziabili nelle immagini termiche mediante l'impiego di termocamere ad alta risoluzione termica come quella utilizzata nel presente lavoro e di opportune tecniche di *imaging*. In sintesi il metodo termografico può essere impiegato in tutte le situazioni dove la variazione della temperatura superficiale è attribuibile a discontinuità nelle proprietà tecniche del materiale utilizzato nelle costruzioni o a particolari condizioni strutturali.

I moderni sistemi di visione ed analisi termografica computerizzati consentono sempre nuove applicazioni sia per scopi di ricerca che industriali soprattutto per le sue capacità di consentire analisi non distruttive e monitoraggi ambientali in tempi rapidi ed a costi economicamente sostenibili.

Uno dei principali campi di applicazione della termografia riguarda la diagnostica dei materiali e delle cosiddette "patologie" edilizie. Infatti tutti gli edifici, anche se realizzati a regola d'arte, nel corso del tempo sono soggetti a degrado a causa dell'invecchiamento dei materiali e delle carenze o delle mancanze di manutenzione.

Per una più accurata analisi dello stato di degrado dei manufatti monumentali o di opere di pregevole interesse architettonico, la termografia viene affiancata ad altri interventi parimenti non invasivi ma in molti casi essa viene utilizzata come unico metodo di indagine.

I principali campi di applicazione della termografia nell'edilizia sono:

– analisi del degrado dei materiali costruttivi dovuto ad umidità o all'alterazione meteorica
– verifica dell'isolamento termico e delle dispersioni negli edifici per contenere i consumi di energia
– ricerca di infiltrazioni o di venute d'acqua
– verifica delle impermeabilizzazioni di solai e delle coperture
– ricerca di elementi e particolari costruttivi nascosti da intonaci

L'analisi termografica, inoltre, può essere condotta in condizioni attive e passive. Nel primo caso l'elemento da indagare viene riscaldato onde incrementare la risposta termografica e, contestualmente, attivare i flussi di calore che consentono di ottenere diverse risposte dagli elementi a diversa capacità termica. Nelle condizioni passive, invece, si analizza la superficie così come essa si presenta magari nelle condizioni di massima insolazione. Quest'ultimo metodo è quello utilizzato più di frequente nelle indagini che riguardano elementi esterni di edifici quali facciate, pareti e terrazze di copertura che vengono svolte sfruttando il soleggiamento diretto ed analizzando la risposta termica delle superfici al momento dell'indagine.

Nel presente lavoro le indagini sono state effettuata in una giornata ben soleggiata e nelle ore del primo pomeriggio dopo che le superfici erano state a lungo irradiate dall'energia solare mediante l'uso della termocamera le cui caratteristiche sono riportate nella tabella che segue (Tab. 1).

| ***Specification*** | |
|---|---|
| Measuring range | - 20 ~ 60 °C |
| Resolution | 0.06 °C at 30°C (30Hz) |
| Spectral range | 8 ~13 μm |
| I.F.O.V. | 0.6 mrad |
| Field of view | 21.7°(Horizontal) x 16.4°(Vertical) |
| Thermal image pixels | 640 (H) x 480 (V) |

*Tab. 1 – Principali caratteristiche tecniche della termocamera NEC TH9260 utilizzata nella ricerca.*

## 2. Considerazioni sul deterioramento dei materiali costituenti il patrimonio monumentale ed architettonico

Negli ultimi due decenni, gli studi sull' alterazione e deterioramento, del nostro patrimonio architettonico e monumentale ha fatto notevoli passi avanti grazie anche alle esperienze maturate in seno dall'Istituto Centrale del Restauro ed ai risultati conseguiti nel mondo della ricerca.

Lo stesso è accaduto in altri Paesi, ed in particolare in Francia, grazie al contributo di geologi, geomorfologi petrologi e geofisici dei materiali facenti parte del "pole pierre" Laboratoire de Recherche de Monuments Historique (LRMH) de Champs sur Marne (Philippon et. Alii. 1992; Sellier, 1997 Andrè et Philip 2012).

Molti dei lavori, inerenti l'argomento sono stati incentrati sull'ineguale durabilità dei materiali da costruzione, e dunque sulla loro variabilità geografica ma anche sull'accelerazione del deterioramento contemporaneo dei materiali utilizzati in architettura (AA.VV., 2013).

Infatti, molti edifici monumentali mostrano in genere dei segni inquietanti di alterazione e deterioramento delle pietre, sia portanti che del rivestimento, con differenti sintomi di questa "malattia delle pietre", che si traduce in disaggregazione granulare, desquamazione, frammentazione in scaglie e in alveolizzazione in funzione dei diversi tipi di materiali utilizzati.

Alcuni autori, hanno proposto anche possibili scale empiriche di durabilità delle rocce che mostrano nella parte alta dei materiali mineralogicamente e petrograficamente diversi ma aventi in comune una certa omogeneità tessiturale o della trama cristallina (es. rocce rocce cristalline come i graniti leucocrati, vulcaniche come i basalti e le trachiandesiti, marmi e calcari oolitici). All'opposto nei livelli inferiori della scala figurano i calcari marnosi o marnoso arenacei; mentre i graniti melanocrati (a biotite e clorite) occupano una posizione intermedia. (AA.VV., 2013).

Per lo studio del degrado dei material, impiegati nella costruzione o nel rivestimento degli edifici e monumenti, vengono privilegiati metodi non distruttivi, e mediante rilievi laser scanner, fotogrammetrici, ultrasonici e termografici, mentre le analisi distruttive, in molte situazioni inutilizzabili, consentono di conoscere le caratteristiche fisico-chimiche, mineropetrografiche. Tuttavia, migliori risultati possono essere conseguiti mediante l'applicazione di metodi integrati (Di Gregorio, Fai et. Alii 2005), come ad esempio l'applicazione di tecniche acustiche ad ultrasuoni e termografiche. Nel presente lavoro vengono presentati i risultati di inadgini condotte mediante l'uso di una termocamera ad alta risoluzione e rilevazioni e osservazioni dirette sui materiali costruttivi.

## 3. Le strutture architettoniche analizzate

Indagine termografiche di cui nel presente lavoro riguardano lo studio di tre edifici religiosi di interesse storico-architettonico ubicati nel centro storico e nel territorio di Siliqua (Sardegna sud-occidentale): la Chiesa di San Giorgio, la Chiesa di Sant'Anna e la Chiesa di Santa Margherita.

Tra queste la parrocchiale di Siliqua, intitolata a San Giorgio martire, si trova nel centro storico del paese ed è costituita essenzialmente da navata unica con cappelle laterali. Studi storici hanno accertato una cronologia per la sua edificazione che oscilla tra la fine del XII – inizi XIII sec.; rispetto al primo impianto romanico, la chiesa ha subito diverse modifiche dell'assetto architettonico, fino ai lavori di restauro avvenuti nel 1984.

La Chiesa di Sant'Anna, considerata per tradizione la prima parrocchiale, ubicata anch'essa nel centro di Siliqua, è interamente concepita secondo lo schema gotico catalano, con un'unica navata e pianta a croce latina. La sua fondazione è fatta risalire a prima del 1481 sulla base di un documento che, datato in quell'anno, attesta i lavori di riedificazione di una chiesa preesistente completamente caduta in rovina. Anch'essa è stata interessata da modifiche strutturali ed architettoniche nel corso del tempo.

La Chiesa di Santa Margherita, ubicata nella campagna limitrofa al paese, presenta una navata unica e il tetto con intavolatura in legno e in tegole; anche dopo il restauro, avvenuto nel 1947, presenta le forme primarie gotico-catalane con facciata a terminale piano orlato di merlatura che, secondo le attestazioni storico-architettoniche, risale probabilmente al 1600.

## 4. Risultati delle indagini

Le indagini termografiche hanno consentito di individuare, coerentemente con la ricostruzione storica e documentale degli edifici considerati, la struttura e la tessitura del paramento murario relativo alla facciata principale, costituito essenzialmente da trovanti o conci più o meno squadrati in pietra, ma oggi rivestito da intonaco, nonché le modificazioni architettoniche intervenute rispetto all'impianto originario.

Nel caso della Chiesa di San Giorgio, in particolare, la mappa termica "a scacchiera", con zone relativamente più calde e più fredde, ha messo in risalto l'eterogeneità del materiale litoide utilizzato per l'edificazione della facciata principale, caratterizzata dall'alternanza, seppur senza una predefinita regolarità, di conci squadrati di media pezzatura, concorde con lo stile romanico del quale si rinvengono numerose testimonianze analoghe in Sardegna.

Documenti fotografici storici relativi alla facciata frontale e successivi alla rimozione dell'intonaco in occasione dei lavori di restauro avvenuti nel 1984, ha messo in esposizione l'antico paramento murario e il riconoscimento delle strutture relative al primo impianto dell'edificio nonché le modificazioni intervenute; tali immagini, messe a confronto con le mappe termografiche acquisite, hanno consentito, inoltre, di verificare e tarare la risposta termica dei diversi materiali litoidi utilizzati negli altri edifici studiati per le applicazioni analoghe.

In particolare, relativamente alla prima fase costruttiva, il basamento della chiesa, tenuto conto delle indicazioni storiche, è caratterizzato dall'uso del medesimo litotipo nello stesso filare; in dettaglio i primi ordini in elevazione sono composti da tre filari in pietra dacitico-andesitica, verosimilmente ascrivibili all'Unità di Monte Sa Pibionada e piroclastici di Siliqua (Oligocene sup.; ISPRA – Servizio Geologico d'Italia; 2009), a cui si alternano un filare in arenarie della formazione del Cixerri (Eocene med.-sup. – Oligocene; Barca et al., 1973) e altri tre in calcare marnoso miocenico proveniente dalle colline di Cagliari ("Pietra cantone" Auct.; Fais et al., 2011).

Il profilo termico, indicato con Linea 2 in Figura 2-c, mette in evidenza i *pixel* isotermici, caratterizzati da basso DT, relativi all'allineamento basale costituito da litotipi essenzialmente dacitico-andesitici.

L'opera muraria sovrastante è, invece, costituita da conci calcarei e dacitico-andesitici in alternanza non regolare, con disposizione a corsi orizzontali, come anche messo in evidenza nel profilo termico in Figura 2-c (Linea 1) tracciato nella mappa termica della facciata (Figura 2-a), caratterizzato dall'inversione dell'allineamento di *pixel* termici a picchi contrapposti con DT ben distinto.

L'analisi termografica ha consentito, inoltre, di distinguere la facciata a due spioventi, costituita essenzialmente da conci dacitico-andesitici, coronata in sommità da un campanile a vela a due luci.

Il prospetto quadrato della facciata attuale è legato all'opera di sopraelevazione delle falde laterali mediante l'utilizzo di conci aventi pezzatura maggiore, prevalentemente di calcare compatto e calcare marnoso ("pietra forte" Auct. e "pietra cantone" Auct.; Fais et al., 2011) delle sequenze mioceniche delle colline di Cagliari, disposti sia in orizzontale sia in verticale.

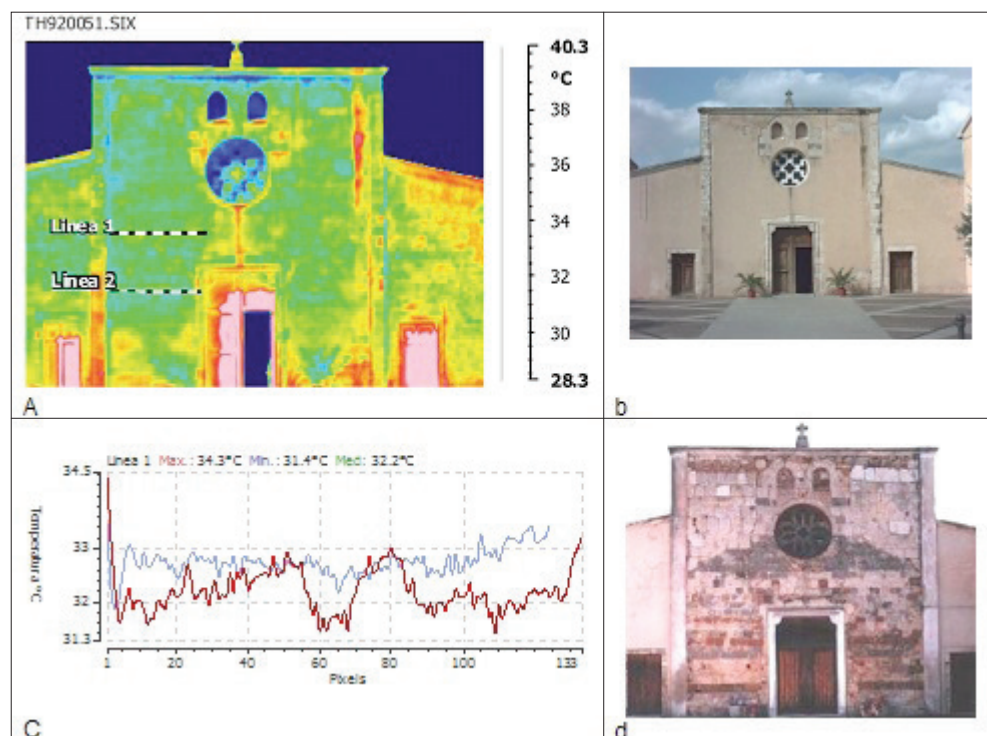



*Fig. 2 – Chiesa di San Giorgio. Mappa e profili termici relativi alla Linea 1 (in rosso) e Linea 2 (in azzurro)*

La mappa termica relativa alla facciata principale della Chiesa di Sant'Anna mette in evidenza, al di sotto dell'intonaco, la struttura e la tessitura originaria della facciata in pietra a opera incerta (Figure 3-a), con trovanti di varie dimensioni e diverso litotipo, arrotondati o leggermente smussati, di natura alluvionale, come attestato dalla documentazione fotografica del recente passato (Figura 3-d). Il profilo termico lungo la Linea 1 (Figura 3-c), tracciato nella mappa termica della facciata (Figura 3-a), mette in evidenza la risposta termica caratterizzata, in questo caso, dall'allineamento di *pixel* termici a picchi contrapposti ad alta frequenza e con DT relativamente marcato.

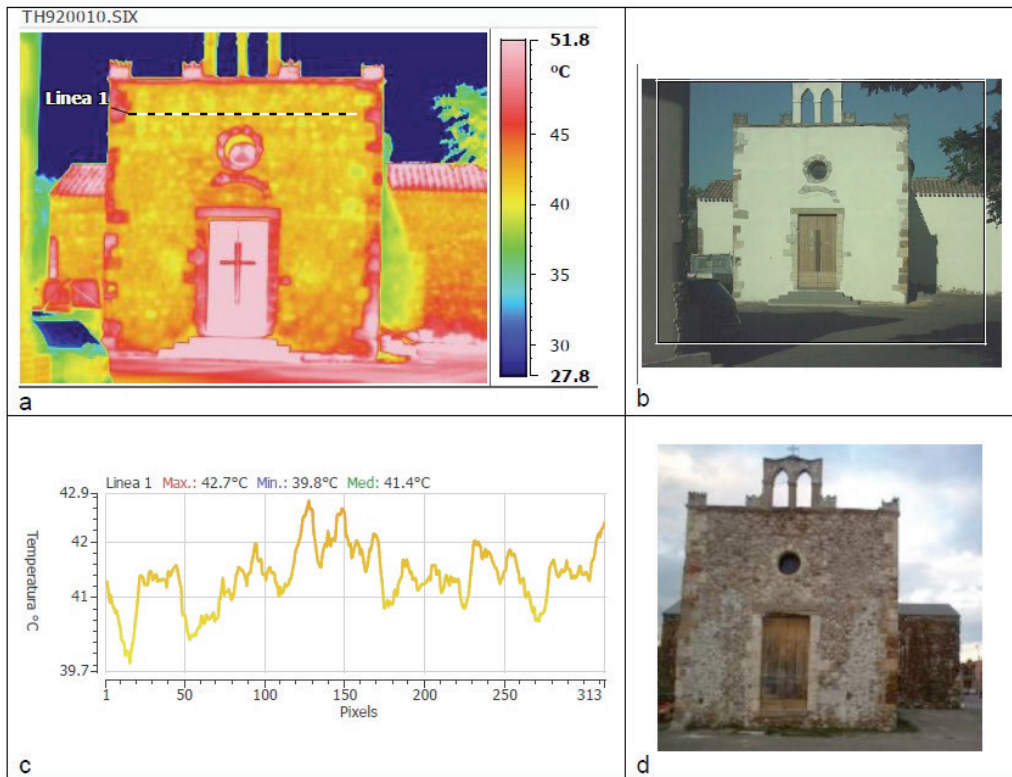



*Fig. 3 – Chiesa di Sant'Anna. Mappa termica e profilo termico relativo lungo la Linea 1.*
*A destra immagine prima e dopo il restauro della struttura*

Anche nel caso della Chiesa di Santa Margherita la struttura muraria ad opera incerta con trovanti lapidei poligenetici, di ambiente presumibilmente fluviale, ben visibile nei prospetti laterali e retrostante non intonacati (Fig. 5 -b, 5-d), è stata messa in evidenza dalla mappatura termica acquisita nella facciata frontale (Fig. 4-a), oggi mascherata dall'intonaco.

Il profilo termico di dettaglio effettuato nella facciata frontale (Figura 4-e), anche in questo caso, mette in evidenza l'allineamento di *pixel* termici a picchi contrapposti ad alta frequenza in risposta alla notevole variabilità dei materiali costituenti la struttura muraria, rappresentati da pietrame alluvionale poligenetico, ma con DT piuttosto attenuato. La risposta termica degli stessi materiali, esposti nei prospetti laterali e retrostante, denota, come visibile nel relativo profilo, DT più marcati (Fig. 4-e). Il

confronto tra le mappe termiche relative al prospetto frontale e quello laterale consente di comparare la distribuzione delle temperature sulla superficie dell'involucro; l'attenuazione delle differenze termiche nei due prospetti, in particolare, è correlabile alla presenza dello spesso e omogeneo intonaco di rivestimento oltre che alla diversa esposizione e all'irraggiamento dei due prospetti.

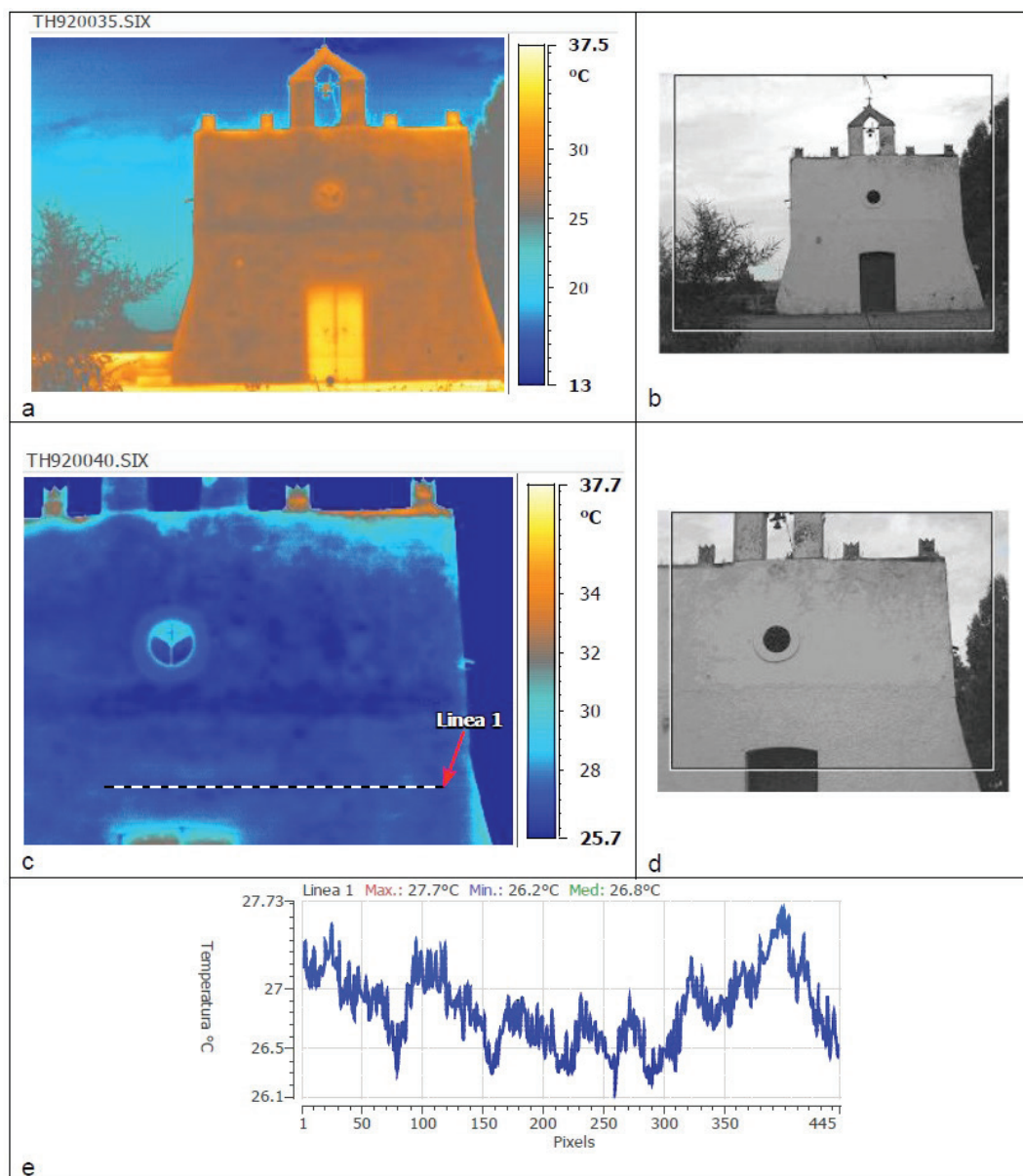



*Fig. 4 – Prospetto frontale della Chiesa di Santa Margherita. Mappa e profilo termico relativo alla Linea 1.*

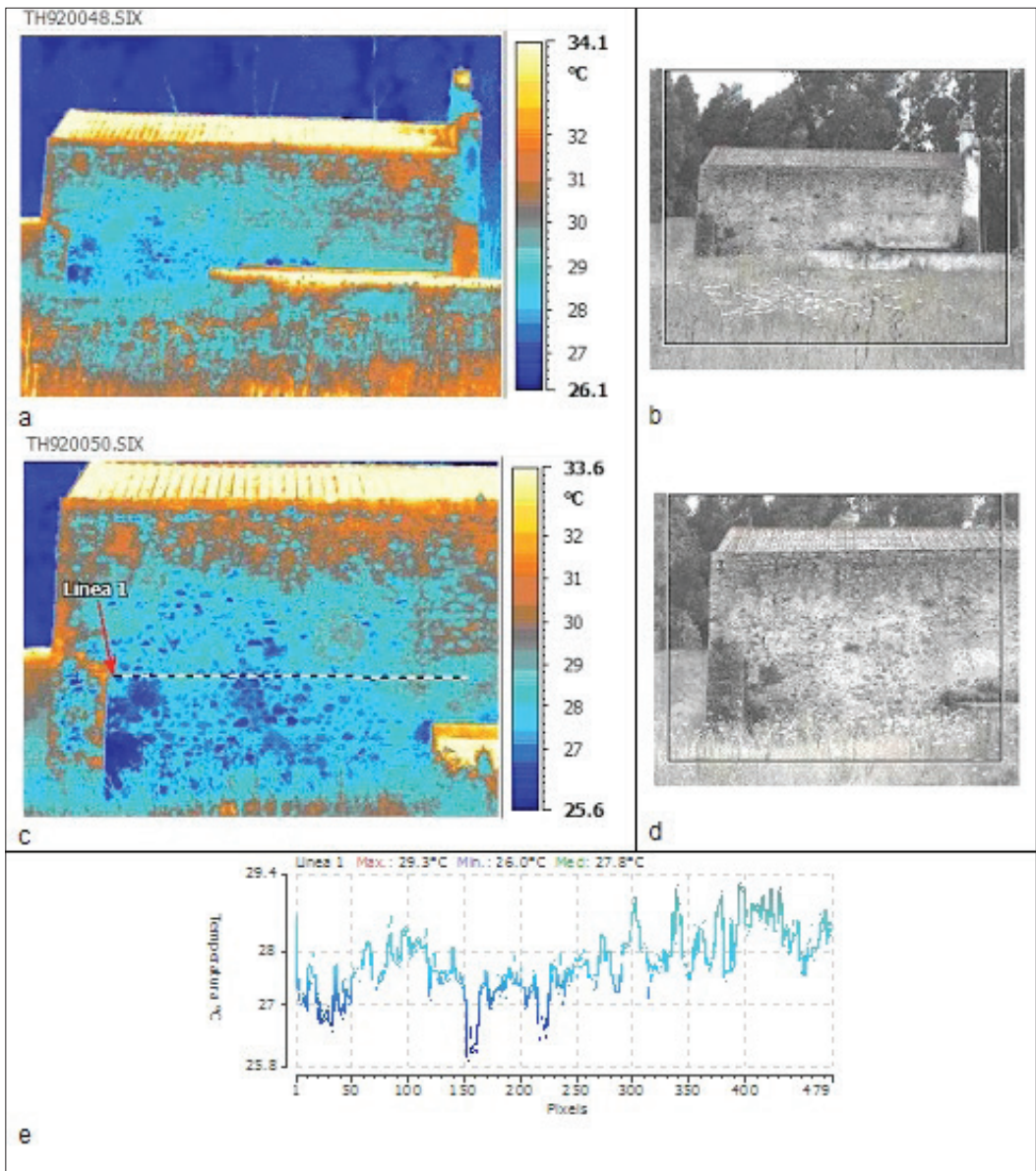



*Fig. 5 – Mappa e profilo termico relativi al prospetto laterale della Chiesa di Santa Margherita*

## 5. Scheda tecnica relativa ai materiali da costruzione

I rilievi effettuati sugli edifici storico-religiosi considerati nel centro storico e nel territorio di Siliqua hanno permesso di riconoscere, oltre allo stato di degrado, anche i materiali litoidi impiegati, le cui principali caratteristiche litologico-tecniche sono sinteticamente descritte nelle schede che seguono.

| | |
|---|---|
|  | ***Arenarie della formazione del Cixerri***<br>(Eocene med.-sup. – Oligocene).<br>I conci sono costituiti da arenarie quarzoso-feldspatiche, di colore rossastro-ocra, a tessitura tipicamente clasto-sostenuta e, in subordine, matrice argillosa. |
|  | ***"Pietra forte" Auct., Calcari di Cagliari***<br>(Tortoniano-Messiniano).<br>Trattasi di blocchi ricavati da calcari biohermali e biostromali, biancastri, massivi, con contenuto in Ca-(Mg)$CO_3$ compreso tra 97-100%, classificabile come una biosparite – biolitite (Folk, 1980). |
|  | ***"Pietra cantone" Auct., Calcari di Cagliari***<br>(Tortoniano).<br>I blocchi da costruzione sono di natura calcareo marnoso-arenacea, di colore giallastro, con stratificazione irregolare e marcata bioturbazione, con contenuto in Ca-(Mg)$CO_3$ compreso tra 86-90%, classificabile come una biomicrite (Folk, 1980). |
|  | ***Daciti e andesiti di Monte Sa Pibionada, Auct. e piroclastici di Siliqua, Auct.***<br>(Oligocene sup.).<br>Si tratta di blocchi provenienti da rocce di origine vulcanica, a composizione da dacitica a quarzo-andesitica, con colori variabili dal grigio verde al violaceo al bruno, struttura e tessitura porfirica, nonché depositi di flusso piroclastico ed epiclastico. |

## 6. Conclusioni

Le analisi termografiche eseguite presso le antiche chiese ubicate all'interno del centro storico di Siliqua e nel territorio limitrofo, hanno consentito di mettere in evidenza, la struttura delle facciate principali e la tessitura muraria e i particolari costruttivi originari nascosti da rivestimenti successivi nonché riconoscere le trasformazioni architettoniche avvenute nel tempo rispetto all'impianto originario degli edifici, così come testimoniato anche dalla documentazione storica.

Le indagini hanno anche messo in luce lo stato di conservazione dei materiali costruttivi, soprattutto in relazione al contatto con il terreno di fondazione, come denotano evidenti fenomeni di alterazione dei livelli litoidi basali, soprattutto della "pietra cantone" Auct. e delle arenarie del Cixerri. Questi fenomeni sono ben osservabili nelle variazioni cromatiche delle immagini termiche e nei relativi profili, legate alla presenza di umidità e ben visibili anche nelle osservazioni dirette in loco, che denotano la presenza di distacchi e rigonfiamenti degli intonaci recenti, in conseguenza della risalita capillare.

Nell'insieme, viene ancora documentato che il metodo termografico costituisce un valido apporto conoscitivo, non invasivo, per la riscoperta dei caratteri originari di edifici di importanza storica e per lo studio delle trasformazioni avvenute nel tempo, e per la conoscenza dello stato di conservazione, rivestendo pertanto, applicazione ottimale in tutti gli interventi nel campo della salvaguardia dei beni di interesse storico architettonico e monumentale (Geraldi et al., 2008; Grinzato et al., 1982).

**Note**: Lavoro realizzato presso il "Laboratorio di Geologia ambientale e termografia" del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Cagliari (Resp. Prof. Felice Di Gregorio)

## Bibliografia

AA.VV. (2013) *Géomorphologie de la France*. Edizioni Dunod, Paris, ISBN 978-2-10-059508-2

Andre M., Phalip B. (2010) "*Rates of stone recession on Mediaeval monuments: some thoughts and methodological perspectives*", *Cadernos Lab. Xeolóxico de LaxeCoruña*. Vol. 35, pp. 13-40 ISSN: 0213-4497

Barca S., Maxia C., Palmerini V. (1973) "Sintesi sulle attuali conoscenze relative alla Formazione del Cixerri (Sardegna sud-occidentale)", *Boll. Serv. Geol. It.*, 44 (2): 307-318, Roma, Nuova Tecnica Grafica.

F. Di Gregorio, S. Fais, F. Murgia (2005) *Applicazione integrata di tecniche acustiche e termografiche per la valutazione dello stato di conservazione dei materiali in opera* **–** Numero speciale "Le applicazioni geofisiche in campo ambientale" Rivista Geologia dell'Ambiente SIGEA, N. 2 – 2005

Fais S., Ferrara C., Frongia P., Ligas P., Piras G. (2011), *"Digital processing of ir thermography and ultrasonic signals in the diagnostics of carbonate building materials*", 16th Conference on Cultural Heritage and New Technologies, Poster Session, Vienna, November 14-16 2011.

Folk R.L. (1980), *Petrology of sedimentary rocks*, Austin (Texas) U.S.A., Hemphill Publishing Co, 2nd edition: 184 pp.

Geraldi E., Gizzi F.T., Masini N. (2008), "*Termografia all'infrarosso ed archeologia dell'architettura: alcuni esempi*", *GNGTS- Atti del 22° Convegno Nazionale* /12.18.

Grinzato E., Vavilov V., Kauppinen T. (1998), "*Quantitative infrared thermography in buildings*", *Energy and Buildings*, 29: 1-9, Elsevier Science S.A., New York.

Giovannone C., Ioele M., Santopadre P., Santamaria U., "Intonaci ad alto contenuto salino: efficacia del trattamento con idrato di bario". Bollettino Istituto Superiore Conservazione e Restauro n°6-7 (2003)

ISPRA (2009), Servizio Geologico d' Italia *Nota illustrativa della Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000, Foglio 556 "Assemini".*

Bartolini M., Pietrini A.M., Ricci S., Valutazione dell'efficacia di alcuni nuovi biocidi per il trattamento di microflora fotosintetica e di briofite su materiali lapidei, – Bollettino Istituto Superiore Conservazione e Restauro n°14 (2007)

Sellier D., (1997) *"Utilisation des mégalithes comme marqueurs de la vitesse d'érosion des granites en milieu tempéré: enseignements apportés par les alignements de Carnac"* (Morbihan). Zeitschrift für Geomorphologie, 41/3, p. 319-356.

Philippon J., Jannette D., Lefevre R.-A. (1992) "La conservation de la pierre monumentale et France", Paris Presses du CNRS.

www.comune.siliqua.ca.it, (2012), Le Chiese.

# L'ANALISI SPAZIALE DELLA MOBILITÀ TURISTICA ATTRAVERSO STRUMENTI DI GEOTAGGING: UN ESPERIMENTO CON LA WEB COMMUNITY DI PANORAMIO

# *SPATIAL ANALYSIS OF TOURIST MOBILITY THROUGH GEOTAGGING TOOLS: AN EXPERIMENT WITH THE PANORAMIO WEB COMMUNITY*

**Monica Meini*, Rossella Nocera*, Gianfranco Spinelli****

## Riassunto

Il presente contributo intende: 1) offrire spunti di riflessione sui possibili modi di analizzare la mobilità turistica in conseguenza delle recenti tendenze del turismo globale e del ricorso sempre più diffuso alle informazioni geolocalizzate; 2) valutare la potenzialità e l'attendibilità di dati provenienti dagli utenti della rete; 3) proporre adeguati percorsi di ricerca per l'analisi spaziale della mobilità legata all'esperienza turistica e ricreativa.
La prospettiva della ricerca avviata dagli AA. e qui presentata è di verificare le potenzialità che le banche dati fotografiche prodotte dalle web community possono riservare per un'analisi spaziale che permetta di quantificare e catalogare con nuovi criteri la mobilità per motivi ricreativi a scala nazionale. Il presupposto è che la tipologia dei dati in oggetto è destinata ad ampliarsi enormemente e a vedere aumentata la propria significatività.
La ricerca si basa sulle fotografie rilevate sul territorio italiano e caricate in Panoramio, piattaforma molto popolare per la condivisione ed organizzazione delle foto geolocalizzate. Il numero di foto contenute nel *dataset* è di 941.651, ovvero tutte quelle caricate sul sito fino all'aprile del 2009. L'alto numero di fotografie presenti sul nostro territorio nazionale stimola la ricerca di metodologie per ricavare nuove informazioni da queste enormi quantità di dati ed integrare così le classiche analisi di mercato sul comportamento spaziale dei turisti. Le fotografie diventano quindi un importante punto di partenza per lo sviluppo di analisi che possono portare nuovi risultati utili alle imprese e alla gestione del territorio nel suo complesso.
***Parole chiave:*** mobilità, turismo, analisi spaziale, informazione geografica generata dall'utente

## *Abstract*

*This paper aims: (1) to provide insights on the possible ways to analyze tourist mobility as a result of the recent trends of global tourism and the ever increasing use of spatial information; (2) to assess the potentiality and reliability of user-generated data; (3) to propose appropriate research paths for spatial analysis of tourism and recreation-related mobility experience.*
*The perspective of the research is to verify the potential that the databases produced by photographic web communities can have for a spatial analysis that allows to quantify and classify the*

* Termoli, Dipartimento di Bioscienze e Territorio dell'Università del Molise, Laboratorio MoRGaNA (Mobility, Regions, Geo-economics and Network Analysis)
** Novara, Dipartimento di Studi per l'Economia e l'Impresa dell'Università del Piemonte Orientale "A. Avogadro"

*mobility for recreational purposes at the national scale. The assumption is that the type of data in question is set to expand greatly and so to increase its relevance.*
*Our study is based on the photographs taken in the Italian territory and loaded into Panoramio.com, a very popular platform for sharing and organizing geolocated photos. The number of pictures contained in the dataset is 941.651, all those uploaded to the site until April 2009. The large number of photographs on our national territory stimulates the search for methods to derive new information from these massive amounts of data and integrate the usual market analysis on the spatial behavior of tourists. The photographs then become an important starting point for the development of analysis that can bring new results aimed at enterprises and destination management as a whole.*
**Keywords:** *mobility, tourism, spatial analysis, user-generated geodata*

## Introduzione

Negli ultimi anni le informazioni presenti sulla rete crescono rapidamente e il *web* è diventato un'importante fonte per diverse attività legate al territorio. Tra queste informazioni sono particolarmente utili quelle geolocalizzate, che forniscono la posizione di fatti e fenomeni nello spazio geografico (Scharl and Tochtermann, 2007) e che hanno aperto nuove frontiere nella rappresentazione cartografica[1]; è il caso dei siti di condivisione di fotografie quali Panoramio o Flickr, che hanno il pregio di fornire un contenuto informativo quantitativamente rilevante e che, attraverso gli strumenti di *geotagging*[2], vengono a costituirsi come vere e proprie banche dati territoriali. Si tratta di enormi quantità di dati per i quali si richiedono sofisticate tecniche computazionali e capacità di analisi per l'individuazione di *pattern* spaziali e temporali. Le informazioni ottenute dalle fotografie non rappresentano solo un evento nello spazio e nel tempo ma individuano anche traiettorie ed itinerari degli utenti.

Il presente contributo intende:

1) offrire spunti di riflessione sui possibili modi di analizzare la mobilità turistica in conseguenza delle recenti tendenze del turismo globale e del ricorso sempre più diffuso alle informazioni geolocalizzate;
2) valutare la potenzialità e l'attendibilità di dati provenienti dagli utenti della rete;
3) proporre adeguati percorsi di ricerca per l'analisi spaziale della mobilità legata all'esperienza turistica e ricreativa.

## 1. Studiare la mobilità turistica: l'emergere di nuovi paradigmi

Quello della mobilità turistica è un tema poco affrontato in Italia da un punto di vista applicativo sostanzialmente per un problema di strumenti di analisi e in particolare per la difficoltà e il costo di reperimento dei dati. È ben noto che la base di ogni quantificazione del movimento turistico è costituita dalle statistiche su arrivi e presenze nelle strutture ricettive, e su questo si sono sviluppate metodologie di misurazione della presenza effettiva di turisti in un territorio. Il movimento turistico viene quindi paradossalmente analizzato sulla base di dati di stanzialità, legati alle strutture ricettive, che non rendono conto del comportamento spaziale dei turisti sia nelle aree di destinazione sia negli

[1] Sui riflessi prodotti dalla *Neogeography* nella rappresentazione cartografica, si rimanda al n. 147 del Bollettino della Associazione Italiana di Cartografia, numero speciale a cura di Giuseppe Borruso e Giovanni Mauro su *Cartografia e informazione geografica "2.0 e oltre", Webmapping, Webgis*.

[2] Con *geotagging* ci si riferisce all'attribuzione di una posizione ad un elemento multimediale e, in pratica, consente di identificare fisicamente nello spazio geografico quanto pubblicato sul web. Il *geotagging* nasce con i siti di caricamento immagini come Panoramio e successivamente Flickr.

spostamenti effettuati. Esistono poi dati derivanti dai luoghi di visita turistica ad accesso controllato (musei, mezzi di trasporto con finalità turistiche ecc.) che possono essere usati per analizzare la fruizione turistica dello spazio, prevalentemente urbano; questi tuttavia presentano problemi di trattamento, poiché non rientrano generalmente in operazioni coordinate di raccolta e quindi manca la possibilità di comparazione. In alternativa a queste tipologie di dati, vengono svolte inchieste dirette tramite questionari e interviste che ovviamente presentano problemi di costo.

Il movimento turistico e i suoi *pattern* spaziali sono un tradizionale oggetto di studio della geografia del turismo, rientrando a pieno titolo nell'ambito di quella geografia della circolazione declinata al fenomeno turistico che già negli anni '40-'50 del secolo scorso venne codificata in Italia dal famoso modello toschiano (Toschi, 1957; Innocenti, 2011). Tuttavia i riferimenti spaziali della circolazione turistica nell'arco degli ultimi cinquant'anni sono profondamente mutati, con l'abbandono del modello della villeggiatura a favore di un modello più articolato in cui lo spostamento diventa parte dell'esperienza turistica stessa (Larsen, Urry, Axhausen 2007; Lozato-Giotart 2008). Quello su cui oggi bisogna puntare l'attenzione, alla luce delle nuove modalità di fare turismo, non è solo la circolazione intesa come spostamento dal bacino di utenza al territorio di accoglienza, ovvero dal luogo di residenza a quello di soggiorno, ma anche alla mobilità che avviene all'interno del territorio di destinazione, dove i flussi turistici disegnano geometrie sempre più complesse. Peraltro ad esse si intrecciano le geometrie altrettanto complesse dei *loisir*, ovvero delle attività ricreative dei residenti.

È ormai assodato che il modello del turismo di massa, basato su vacanze lunghe e concentrate, è stato sostituito da una frammentazione dei periodi di vacanza, una utilizzazione più intensa del tempo libero e una massimizzazione dell'esperienza turistica, in cui rientra anche un ampliamento dello spazio vissuto dal turista durante il soggiorno in un territorio.

Questo ampliamento dello spazio vissuto si può esplicare con la ricerca di una maggiore compenetrazione con il territorio di accoglienza attraverso nuove forme di stanzialità (albergo diffuso in borghi antichi, dimore rurali ecc.) ma anche in una maggiore articolazione dell'itinerario regionale, che può trovare riscontri concreti nella possibilità da parte del turista di coprire distanze anche ampie grazie al miglioramento delle infrastrutture di trasporto. Quest'ultima possibilità riguarda sia i turisti sia i residenti, rendendo improcrastinabile un'analisi sempre più attenta dei flussi escursionistici, che assumono valenze più complesse che in passato. Nuovi strumenti utili per questo tipo di ricerca vengono oggi offerti dalle tecnologie digitali, ad esempio attraverso le tecniche di tracciamento dei turisti con dispositivi mobili (Shoval and Isaacson, 2007).

## 2. Acquisizione, attendibilità e criticità dei dati

Questo contributo presenta alcune riflessioni in merito alla elaborazione e validazione di metodologie di analisi quantitativa a partire da banche dati fotografiche presenti nel *web* che possono essere utilizzate con finalità di ricerca per avere informazioni sulla mobilità spaziale dei visitatori in un dato territorio. Il presupposto è che la tipologia dei dati in oggetto è destinata ad ampliarsi enormemente e vedere aumentata la propria significatività (Graham and Zook, 2011), mentre la prospettiva è quella di verificare le potenzialità del *crowdsourcing*[3] nell'analisi spaziale (Elwood, 2009; Sui, Elwwod and Goodchild, 2013)[4].

---

[3] Ci si riferisce alla massa di contenuti informativi che ciascun utente può oggi riversare nella rete; il termine indica la pratica, che sta diffondendosi nel mondo delle imprese, di consultare la comunità virtuale per la ricerca di soluzioni, idee e contenuti.

[4] Fino all'era della *Web Mapping 2.0* (Haklay, Singleton and Parker, 2008) le informazioni geografiche venivano

La nostra ricerca si basa sulle fotografie rilevate sul territorio italiano e caricate in Panoramio, piattaforma molto popolare per la condivisione ed organizzazione delle foto geolocalizzate. Gli utenti acquisiscono fotografie durante i loro viaggi ed escursioni; successivamente le caricano sulla piattaforma associandovi manualmente un riferimento geografico oppure, in caso di utenti abituati all'uso di fotocamere con GPS incorporato, l'inserimento preciso delle coordinate (Figura 1).

L'utilizzazione di questo tipo di fonti presenta notevoli potenzialità, ma anche punti di debolezza che pare opportuno evidenziare. Per quanto riguarda le potenzialità, l'elemento di maggior spicco è dato dalla quantità di informazioni: *Panoramio.com*, fondato nel 2005 da due imprenditori spagnoli, ha registrato un successo immediato ed una costante crescita, soprattutto dopo il suo ingresso nel gruppo di Google avvenuto nel 2007; nel 2010 il numero di foto caricate sul sito aveva superato i 15 milioni. Una tale mole di dati georeferenziati permette quindi di individuare, analizzare e rappresentare i comportamenti spaziali di un gran numero di persone.

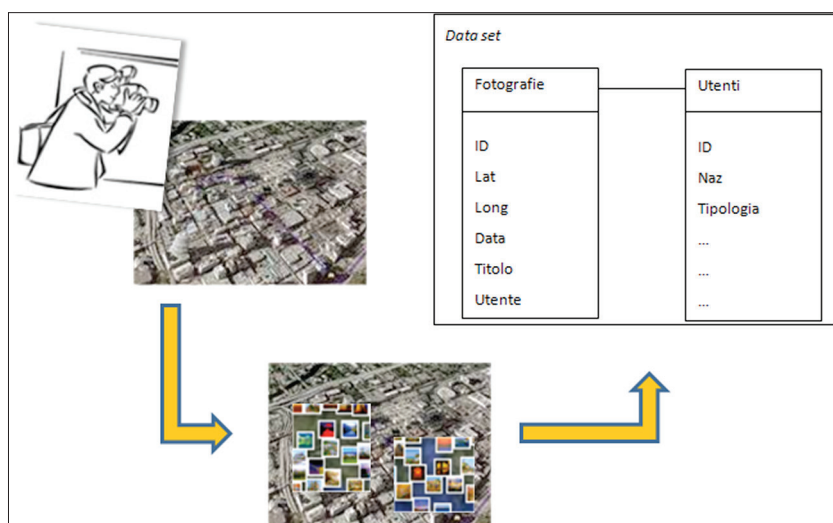



*Fig. 1 – Acquisizione dei dati*

Tuttavia è proprio nelle grandi dimensioni della banca dati che si annidano alcuni elementi di debolezza: come per tutte le fonti derivanti da *crowdsourcing* i controlli sull'affidabilità del dato sono carenti e la significatività del campione osservato è tutta da dimostrare. Proprio su quest'ultimo aspetto si concentrano le critiche di chi guarda con diffidenza alle informazioni provenienti dalla rete: di fatto non è possibile, se non con analisi complesse effettuate dai *webmaster* (e da essi gelosamente custodite), quantificare gli utenti e la loro attività all'interno del sito. Nel nostro caso, attraverso analisi sui dati che accompagnano le foto e sui *nickname*, si evidenzia un campione piuttosto variegato, composto da

fornite secondo uno schema gerarchico *top-down* da organismi riconosciuti come agenzie cartografiche nazionali, ma i progressi nel posizionamento, nella cartografia automatica, nelle comunicazioni mobili e nella cosiddetta geografia volontaria (Goodchild, 2007) hanno portato alla crescente disponibilità di dati provenienti da fonti multiple, con la possibilità di utilizzare gratuitamente grosse moli di dati territoriali (Budhathoki, Bruce and Nedovic-Budic, 2008; Coleman, Georgiadou, and Labonte 2009).

utenti che inseriscono poche foto e altri che hanno una produttività altissima, oltre ad appassionati di fotografia, professionisti del settore, fino ad alcune istituzioni che utilizzano Panoramio come veicolo di promozione del territorio[5].

Di particolare importanza per l'analisi spaziale e la rappresentazione cartografica è l'attendibilità dei dati di georeferenziazione: il posizionamento delle foto è a cura dell'autore, che dispone di una serie di strumenti per svolgere l'operazione in modo corretto: essenzialmente convertitori di coordinate, oppure *tools* per l'inserimento tramite Google Earth. Tuttavia si registrano alcuni errori dovuti in genere alla digitazione del dato (ad es. scambio di latitudine e longitudine) o a scarsa accuratezza (mancanza di decimali, oppure attribuzione alla foto delle coordinate ufficiali della città che fanno riferimento alla casa comunale). Dato che Panoramio non è un sito di prevalente interesse geografico, l'attività di controllo dei moderatori si concentra sui contenuti delle immagini e solo in parte sul posizionamento delle stesse; non esiste quindi una forma di validazione ufficiale dei dati di localizzazione, affidata semmai agli altri utenti, che possono segnalare errori e suggerire correzioni.

Attraverso l'uso di funzioni di ricerca all'interno del sito www.panoramio.com è stato possibile ottenere un *dataset* contenente i seguenti campi:

*Code* – codice identificativo della foto
*Title* – titolo della foto (non sempre completo a causa del numero di caratteri)
*Long* – longitudine
*Lat* – latitudine
*Year* – anno di inserimento nel *dataset*
*Month* – mese di inserimento
*Owner* – autore della foto (utente, nel nostro testo).

Il numero di foto contenute nel *dataset* è di 941.651, ovvero tutte quelle caricate sul sito fino all'aprile del 2009.

L'alto numero di fotografie presenti sul nostro territorio nazionale stimola la ricerca di metodologie per ricavare nuove informazioni da queste enormi quantità di dati ed integrare così le classiche analisi di mercato sul comportamento spaziale dei turisti. Le fotografie diventano quindi un importante punto di partenza per lo sviluppo di analisi che possono portare nuovi risultati utili alle imprese e alla gestione del territorio nel suo complesso.

## 3. La rappresentazione dei dati: una mappatura dei luoghi di interesse degli utenti

Un primo esercizio, basato sul posizionamento dell'insieme delle foto, consiste nell'individuazione delle località dove si registra una maggiore concentrazione e l'elaborazione di una misura di densità[6]. L'analisi a scala comunale vede l'emergere delle principali città e le località a spiccata vocazione turistica. Roma e Venezia sono di gran lunga le città più fotografate – oltre 50.000 record la prima, più di

[5] Come nel caso del portale turistico di Val Badia, Alta Badia e Plan de Corones – Dolomiti (www.ladinia.it) e del Centro Internazionale di scambi e confronti del Paese-museo di San Sperate , in provincia di Cagliari (www.paesemuseo.com).

[6] Un primo utilizzo non scientifico di Panoramio per rappresentare la "turisticità" dei luoghi è quello di Ahti Heinla, che ha creato una carta tematica graduata sul numero di foto <http://www.bluemoon.ee/~ahti/touristiness-map/>.

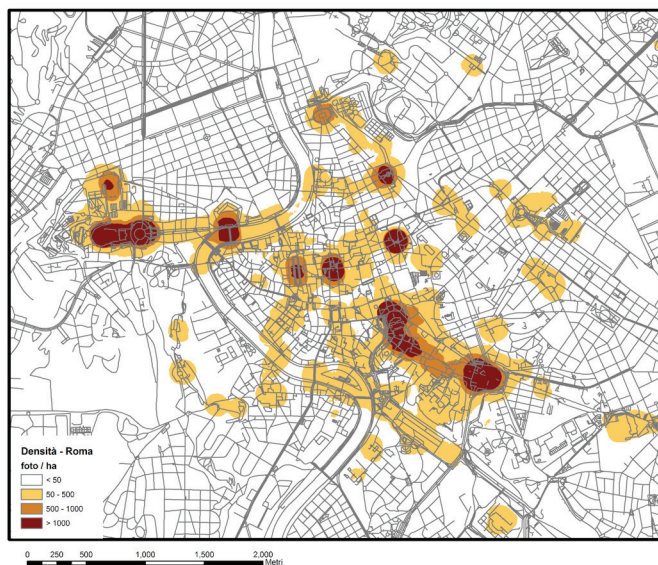



*Fig. 2 – Localizzazione e densità delle foto nel centro di Roma*
*Fonte: ns. elaborazione dati Panoramio e OpenStreet (2009)*

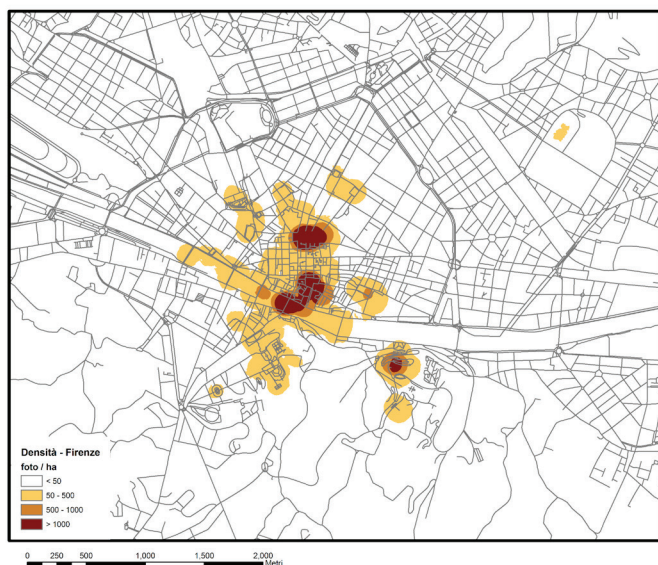



*Fig. 3 – Localizzazione e densità delle foto nel centro di Firenze*
*Fonte: ns. elaborazione dati Panoramio e OpenStreet (2009)*

40.000 la seconda – seguite da Firenze e Milano, vicine a quota 20.000. Nella parte alta della graduatoria si posizionano pressoché tutte le città metropolitane, con l'inserimento di località di particolare interesse turistico o caratterizzate da elementi storico-architettonici che attirano l'interesse dei fotografi: è sintomatico in tal senso il posizionamento di Pisa all'ottavo posto con 6.679 foto catalogate. Immediatamente al di sotto dei grandi comuni metropolitani la graduatoria continua seguendo una logica più legata alla valenza turistica che al peso demografico: nelle prime venti posizioni troviamo infatti comuni come Siena, Pompei, Lipari, Taormina e Assisi. Questo conferma l'ipotesi iniziale di ricerca e avvalora l'uso di questo tipo di *dataset* per le analisi sulla mobilità turistica.

I dati georeferenziati si rivelano uno strumento di analisi particolarmente potente a scala locale, soprattutto all'interno del tessuto urbano, permettendo di individuare i luoghi di interesse e misurarne, sebbene in forma approssimativa, la forza di attrazione. Nelle figure riportate a titolo di esempio è rappresentata la densità delle foto di Panoramio nelle aree centrali di Roma e Firenze. Per ottenere il valore di densità, anziché avvalersi della funzione *Density*, si è ritenuta più affidabile una procedura più complessa: i punti corrispondenti alla posizione delle foto sono stati aggregati in una base *raster* di risoluzione 1 metro sulla quale è stata applicata la funzione *Neighborhood Statistics* di ArcMap 9.3. Ad una prima osservazione appare una rappresentazione di tutti i punti di interesse così come si vedono in una normale carta turistica; ad una più attenta analisi si percepiscono alcuni aspetti che di solito non vengono rappresentati ma che sono di grande importanza per l'organizzazione e la gestione dei flussi turistici. Nel caso di grandi città a spiccata vocazione turistica, come quelle prese ad esempio, è insufficiente ragionare in termini di centro storico o area monumentale, data la vastità della zona e la varietà degli elementi di attrazione; peraltro è poco utile un'elencazione dei luoghi di interesse turistico che non tenga conto delle relazioni esistenti fra di essi.

Se guardiamo la figura che rappresenta il centro di Roma (Figura 2) si notano due grandi aree di interesse che fanno riferimento al Vaticano ed ai Fori: entrambe sono incentrate su elementi di attrazione primaria – la Basilica di San Pietro e il Colosseo – ma si estendono fino a comprendere, nel primo caso, i Musei Vaticani, Via della Conciliazione e Castel Sant'Angelo, nel secondo l'Altare della Patria e Piazza Venezia. I nessi fra diversi monumenti che vengono qui evidenziati rappresentano i percorsi dei visitatori e prefigurano aree che vengono vissute come esperienze turistiche unitarie. Le altre parti della città si caratterizzano per forti elementi di attrazione (Piazza Navona, Trinità dei Monti, Fontana di Trevi) apparentemente meno collegati fra loro.

Nel caso di Firenze (Figura 3), la distribuzione delle foto è omogenea nel centro storico con forti addensamenti intorno ai principali complessi monumentali; dato che la rappresentazione di Firenze comprende zone esterne al centro storico appaiono i luoghi del tempo libero frequentati dai residenti, fra cui emerge, nell'angolo a Nord-Est della mappa, lo stadio.

## 4. L'analisi sulla tipologia degli utenti

Prima di passare ad analizzare in dettaglio le configurazioni spaziali, pare utile entrare in merito ai contenuti informativi della banca dati di cui disponiamo e che troviamo, oltre che nei dati di localizzazione, nelle didascalie delle foto. Queste risultano molto utili al fine di studiare la tipologia dell'utente perché possono essere analizzate automaticamente mediante ricerca di parole chiave e analisi statistiche. Generalmente il titolo contiene elementi caratteristici quali:

1) Data – Il titolo contiene una data (p.es. "Alberobello_16.7.2006"). Il confronto con la data di caricamento su Internet permette di assicurarsi che si tratta della data relativa allo scatto. In tale caso, ciò fornisce il mezzo principe per individuare un itinerario, tenendo conto che gli utenti tendono ad essere sistematici e coloro che mettono le date lo fanno per tutte le foto.

2) Lingua usata – La lingua usata per intitolare le foto può dare indicazioni utili per la provenienza del turista; va considerato tuttavia l'uso dell'inglese come lingua veicolare internazionale.
3) Accuratezza – Numero di parole contenute nel titolo (p.es. "Alberobello_16.7.2006" è meno accurato di "Alberobello chiesa parrocchiale"). L'accuratezza è uno degli elementi che permettono di stabilire la tipologia di utente o distinguere diverse categorie tipologiche di riferimento, sulle quali torneremo in seguito.
4) Dettaglio – Alcune parole chiave permettono di capire se l'utente scatta foto occasionali (la rappresentazione del territorio è un "effetto collaterale" di altre attività, p.es. vacanze al mare), oppure mirate (il territorio è un elemento importante se non la ragione di viaggi/vacanze/escursioni).
5) Riferimenti personali – La presenza/assenza di riferimenti personali come "noi", "io", "Alberto", "pic-nic" denota l'approccio generale delle foto (legato a sé in forma di "diario" se ricco di riferimenti personali, legato alla comunicazione del territorio se ricco di dettagli).

Tutte queste informazioni possono risultare utili ai fini della selezione del campione. Se i primi due elementi (data e lingua) costituiscono informazioni oggettive per analizzare l'itinerario di visita e il luogo di provenienza dei visitatori, gli altri tre (accuratezza, dettaglio e riferimenti personali) forniscono indicazioni per interpretare la tipologia dell'utente.

## 5. Analisi e classificazione dei comportamenti di mobilità degli utenti

Dal punto di vista dell'analisi spaziale, la *cluster analysis* offre un primo strumento di lavoro per giungere ad una classificazione degli utenti sulla base della distribuzione geografica delle foto. I *cluster* sono stati identificati con la funzione *FindClusters[]* in *Mathematica* (versione 8), sulla base della distanza Euclidea tra i punti con un metodo gerarchico (dato dall'opzione *Method-> "Agglomerate"*). Con questo metodo, ogni punto rappresenta inizialmente un *cluster*, e nel corso di iterazioni successive, i *cluster* separati dalle distanze più piccole vengono fusi fino ad ottenere un numero prestabilito di *cluster* che rappresenta il risultato finale.

L'analisi effettuata ha portato a individuare 4 tipi di distribuzione (Figura 4):

1) forte concentrazione in un solo *cluster*, che definiremo "*cluster* principale" (CP);
2) presenza di 2 *cluster*, che delineano una distribuzione bipolare;
3) presenza di un CP e di una serie di punti non appartenenti al CP distribuiti abbastanza omogeneamente in una macroarea (p.es. Centro-Nord);
4) le foto presentano una distribuzione sparsa su tutto il territorio italiano oppure concentrazioni di lieve entità. Sono i casi in cui non esiste il *cluster* principale o comunque esso non supera una determinata dimensione (espressa in percentuale sul numero totale di punti) e i punti rimanenti sono sparsi abbastanza omogeneamente su tutto il territorio senza nessuna concentrazione evidente o preferenza tipologica o regionale (p.es. solo mare o esclusione evidente Nord/Sud).

L'analisi ha permesso di individuare per la quasi totalità degli utenti il *cluster* più denso (CP, quello la cui media delle distanze dei punti contigui è minima). Questo *cluster* principale non risulta avere relazioni con l'insieme degli altri punti, per cui è necessario che i punti di questo *cluster* non siano analizzati assieme agli altri, in quanto presumono una diversa modalità di spostamento.

Riguardo al CP possiamo formulare varie ipotesi sul motivo della sua localizzazione:

1) luogo di residenza;
2) luogo di visita ricorrente;
3) altri motivi di legame territoriale.

L'esame della dimensione del *cluster* principale rappresenta un primo indicatore della tipologia dell'utente; vi sono CP relativamente piccoli, altri che occupano un'intera regione. Inoltre, l'analisi dettagliata del *cluster* principale ne permette una prima classificazione in diverse categorie tipologiche di riferimento.

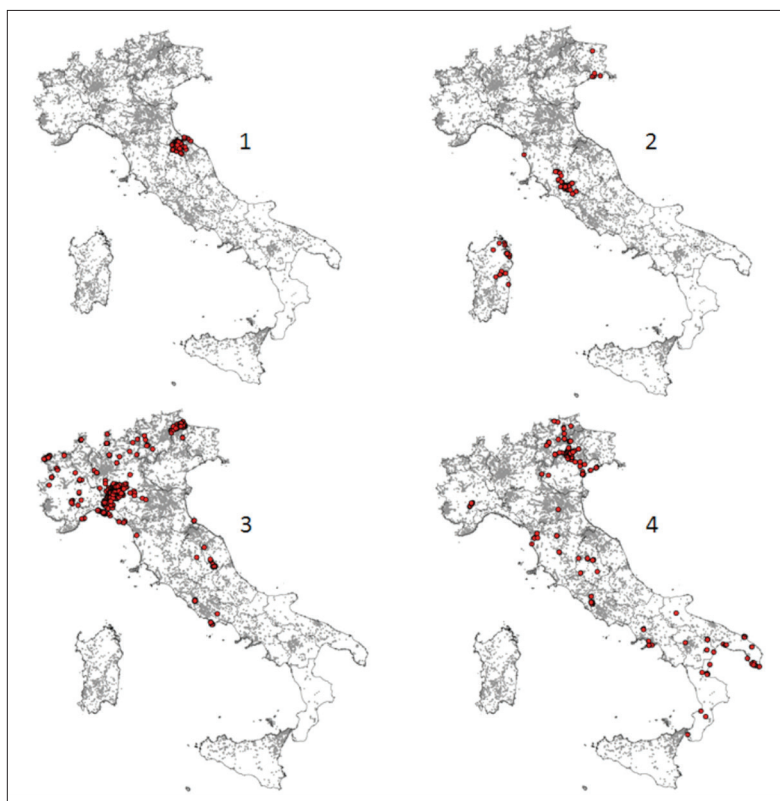



*Fig. 4 – Tipi di distribuzione spaziale dei dati*
*Fonte: ns. elaborazione dati Panoramio.com (2009)*

È possibile individuare il tipo di utente che scatta foto durante tutte le sue attività di svago, perciò gite fuori porta e incontri con amici generano automaticamente un CP attorno al suo luogo di residenza. Si registrano foto casuali e generiche (panorami, ecc.), oppure personali (foto di amici con panorama sullo sfondo). I titoli di queste foto non sono particolarmente dettagliati e vi sono molti riferimenti personali, quindi legati allo spazio di vita abituale.

Un altro tipo di utente è quello orientato a comunicare il territorio del CP, in virtù di un suo particolare legame (ad es. perché ci abita o vi possiede una seconda casa). La sua non è una preferenza

per una tipologia di territorio (p.es. "mare" o "montagna") bensì per il luogo in sé, come può emergere dall'analisi del titolo delle sue foto. Può rientrare in questo tipo di utenti anche chi non risiede nel territorio del CP o addirittura il turista straniero che privilegia un rapporto più approfondito con il territorio di accoglienza.

In molti casi si individua una distribuzione di punti sul territorio raggruppati in due aree (ad es. Sicilia e Lombardia). Si possono avere casi di bipolarismo equilibrato, altri in cui prevale uno dei due *cluster*. Molto evidenti sono i bipolarismi Nord/Sud, molto spesso riferiti ad utenti che per vari motivi hanno relazioni costanti con entrambi i territori (residenza e lavoro; residenza e contatti/affetti; residenza e vacanza ripetuta).

Tuttavia, per comprendere meglio l'interazione con il territorio da parte degli utenti, occorre analizzare i dati in uno spazio generato, non solo dalle coordinate geografiche, ma anche dal tempo e dai metadati deducibili dalle fotografie.

In linea di principio lo scopo può essere raggiunto mediante *cluster analysis* di questo spazio opportunamente definito da coordinate numeriche, un'operazione la cui principale difficoltà consiste nella conversione dei metadati in formato numerico.

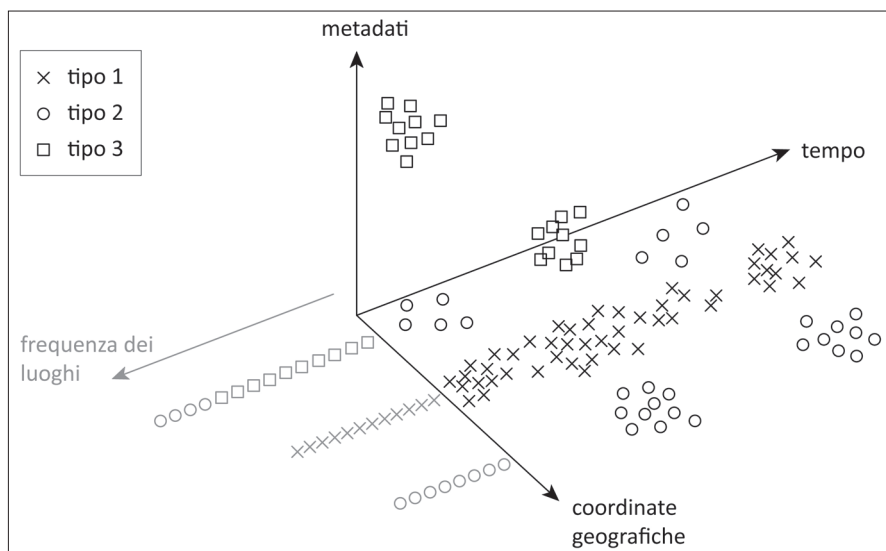



*Fig. 5 – Rappresentazione multidimensionale dei tipi di utente*
*Fonte: ns. elaborazione*

Una rappresentazione schematica di questo spazio è data in figura 5, sulla base di alcuni esempi individuati nei nostri dati. Il primo caso (tipo 1) riguarda l'utente che si sposta nel tempo in un'area relativamente limitata. Si tratta, spesso, di un utente che ha un forte legame con quel territorio, egli risiede in quell'area e riporta le gite/escursioni nei dintorni, oppure può anche trattarsi di un utente che frequenta quei luoghi abitualmente pur non essendo residente. Il secondo caso (tipo 2) riporta un'altra tipologia molto diffusa: è l'utente che si muove tra due luoghi in determinati periodi dell'anno. Uno rappresenta il luogo di residenza e l'altro il posto abituale delle vacanze. Emerge quasi sempre una traiettoria nord-sud. L'importanza di conversione dei metadati si nota soprattutto nel caso di un

utente che nel tempo si sposta su tutto il territorio in modo sparso, per cui risulta rilevante, molto più che nei casi precedenti, l'informazione dei metadati per l'ulteriore classificazione di questa tipologia. Infine, di particolare difficoltà è l'analisi di fotografie scattate nello stesso luogo ma in circostanze e confini diversi (tipo 3, esempio: Roma_chiese, Roma_compleanno); in questo caso le differenze sono riconoscibili esclusivamente con l'analisi dei metadati.

I raggruppamenti e le definizioni delle varie tipologie si definiscono, quindi, combinando le informazioni sui luoghi (distribuzione geografica) e sui criteri (deducibili prevalentemente dai metadati).

## 6. La rappresentazione delle configurazioni spaziali della mobilità turistica

Di particolare interesse per i nostri obiettivi di lavoro è la possibilità di identificare specifici itinerari turistici a partire dalle foto scattate durante un viaggio. Sebbene sia possibile selezionare matematicamente i punti appartenenti ad un percorso (linea), la mancanza di date e orari relativi allo scatto crea difficoltà di interpretazione della configurazione spaziale esatta dell'itinerario: senza questo tipo di informazioni una serie di foto scattate dallo stesso utente, ad es. in diverse città toscane come Firenze, Lucca, Pisa, Siena, nulla ci dice sull'ordine in cui sono state visitate e sulla configurazione dell'itinerario (circolare, a raggiera ecc.).

Occorre perciò integrare metodi matematici di *cluster analysis* con altri dati utilizzando, stavolta, categorie spaziali di riferimento[7]:

1. "*Multi-cluster* concentrato" – Preponderanza di *cluster* la cui estensione massima (massima distanza tra punti) non eccede una gita giornaliera a piedi; esempi tipici: turismo urbano, mare sedentario.
2. "*Cluster* con satelliti" – *Cluster* centrati sui luoghi di pernottamento con "satelliti" raggiungibili in una gita giornaliera con un mezzo; esempi tipici: turismo urbano con puntate in centri limitrofi, mare con gite entroterra.
3. "CP lungo un percorso" – L'utente si muove tra due località abbastanza distanti individuando elementi di interesse tra origine e destinazione. Il territorio circostante il percorso definisce il suo CP.

Come esempio, dai dati disponibili è stato estratto un utente di cui si dispone un alto numero di fotografie ed ha un pattern riconoscibile; su questo utente ~~su cui~~ è stata applicata la *cluster analysis* allo scopo di individuare la possibilità di eseguire analisi automatiche su un grande numero di utenti e la relativa metodologia. Il risultato di una prima analisi sulla distribuzione delle fotografie dell'utente selezionato ha evidenziato 5 *cluster*. Per ciascun *cluster* sono state svolte successive analisi fin quando si sono ottenuti dei *cluster* che rientravano in una o più categorie descritte precedentemente.

Nel caso specifico si è ripetuta l'analisi (Figura 6) fino ad individuare 2 *cluster* (Figura 7), di cui il primo ha un aspetto molto concentrato in cui è anche evidente un allineamento, elementi che fanno supporre la presenza di un centro fitto di elementi di attrazione turistica con un asse principale e quindi l'ipotesi che si tratti del centro storico di una città. Nel secondo *cluster* si riscontra ancora un allineamento ed una distribuzione più sparsa fino ad una distanza che sembra invece rappresentare gite in luoghi limitrofi.

---

[7] Le categorie individuate rimandano ai principali modelli spaziali del turismo (Campbell, 1967; Miossec, 1977, Pearce, 1987).

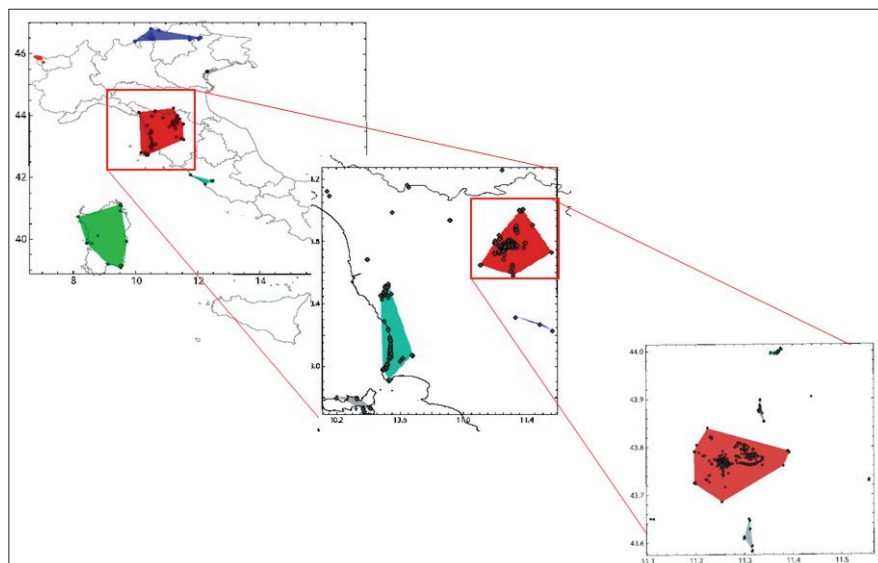



*Fig. 6 – La costruzione di cluster nello spazio italiano, toscano e fiorentino*
*Fonte: ns. elaborazione dati Panoramio.com (2009)*

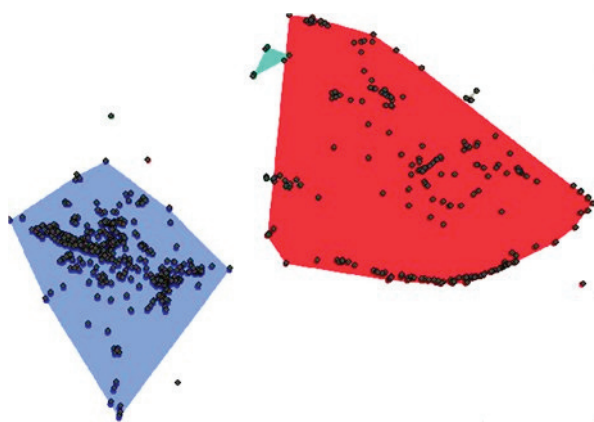



*Fig. 7- Cluster finali nell'area fiorentina*
*Fonte: ns. elaborazione dati Panoramio.com (2009)*

A questo punto, per verificare le nostre ipotesi, abbiamo sovrapposto la carta ed alcune fotografie (Figura 8).

Queste ulteriori informazioni hanno dimostrato che l'utente si muove nella città di Firenze, gli allineamenti riscontrati rappresentano le passeggiate lungo l'Arno e la presenza dei "satelliti" è costituita dalle gite giornaliere verso le colline fiorentine. Si sono, quindi, verificate sia l'ipotesi di presenza di un centro storico che le escursioni giornaliere intorno alla città.

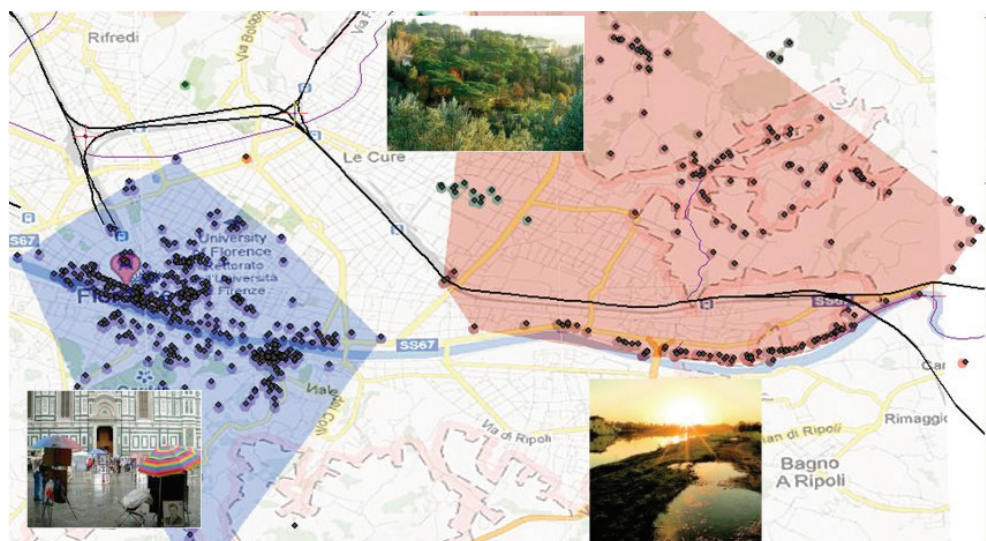



*Fig. 8 – Contestualizzazione geografica dei cluster*
*Fonte: ns. elaborazione dati Panoramio.com (2009)*

## Conclusioni

La prospettiva della ricerca avviata e qui presentata è quella di verificare le potenzialità che le banche dati fotografiche prodotte dalle *web community* possono riservare per un'analisi spaziale che permetta di quantificare e catalogare con nuovi criteri la mobilità per motivi ricreativi sul territorio nazionale. I percorsi di analisi su cui stiamo al momento lavorando mirano a individuare quelle combinazioni di luoghi – per omogeneità, complementarità ecc. – che emergono *de facto* dalle traiettorie di 'esplorazione' ricreativa del territorio da parte sia di residenti che di visitatori.

Dall'analisi sui dati che accompagnano le foto e sui *nickname*, è emerso un campione di 1500 utenti alquanto variegato, composto da chi inserisce solo poche foto e chi, al contrario, ha una produttività altissima, oltre che da appassionati di fotografia, professionisti del settore, istituzioni e aziende che utilizzano Panoramio come veicolo di promozione. Fra le prospettive di sviluppo della ricerca rientra un approfondimento di questo aspetto, attraverso analisi statistiche mirate ad una descrizione più rigorosa del campione osservato.

Nel corso del lavoro è emersa l'importanza dei contenuti informativi rintracciabili nelle didascalie delle foto: queste risultano molto utili al fine di studiare la tipologia dell'utente perché possono essere analizzate automaticamente mediante ricerca di parole chiave e analisi statistiche. Diventa quindi essenziale procedere all'individuazione di criteri per un sistema automatico di classificazione e raggruppamento delle foto.

L'analisi finora condotta ha costituito un utile esercizio di utilizzo di dati da *crowdsourcing* dimostrandone l'utilità e contribuendo ad avvalorarne l'attendibilità. È nostra opinione che la tipologia dei dati esaminati sia destinata a diventare uno strumento essenziale per le analisi territoriali, soprattutto per quelle di ambito socio-economico, grazie all'intrinseca capacità di autoaggiornamento e soprattutto perché in grado di fornire un'informazione libera dagli aspetti di fissità spaziale cui sono costretti i dati di origine istituzionale. Per questo motivo il lavoro qui presentato si è focalizzato sul tema della

mobilità, quello cioè dove più deboli si rivelano le fonti istituzionali e più alto può essere il valore aggiunto del *crowdsourcing*; per lo stesso motivo le linee di ricerca da noi programmate vanno verso la predisposizione di procedure per una più precisa misurazione della validità di queste banche dati e l'elaborazione di tecniche in grado di estrarre e gestire una massa di informazioni che finora è stata solo parzialmente esplorata.

## Riferimenti bibliografici


BUDHATHOKI N.R., BRUCE B. (C.), NEDOVIC-BUDIC Z. (2008), "Reconceptualizing the role of the user of spatial data infrastructures", *GeoJournal: An International Journal on Geography*, 72, n. 3-4, pp. 149-160.

CAMPBELL C.K. (1967), "An Approach to Research in Recreational Geography", *British Columbia Occasional Papers*, 7, pp. 85-90.

Chareyron G., Cousin S., Da-Rugna J., Gabay D. (2009), "Touriscope: map the world using geolocated photographies," in IGU meeting, Geography of Tourism, Leisure and Global Change.

COLEMAN D.J., GEORGIADOU Y., LABONTE J. (2009), "Volunteered Geographic Information: The Nature and Motivation of Produsers", *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 4, pp. 332-358.

DALLARI F., GRANDI S. (a cura) (2005), *Economia e geografia del turismo. L'occasione dei Geographical Information System*, Bologna, Pàtron.

DODGE M., KITCH R. (2001), *Mapping Cyberspace*, London, Routledge.

ELWOOD S. (2009), "Geographic Information Science: New geovisualization technologies – emerging questions and linkages with GIScience Research", *Progress in Human Geography*, 33, n. 2, pp. 256-263.

GIRARDIN F., DAL FIORE F., BLAT J., RATTI C. (2007), "Understanding of Tourist Dynamics from Explicitly Disclosed Location Information", *Proceedings of the 4th Intl Symposium on LBS &TeleCartography, Hong Kong, 8-10 November 2007*.

GOODCHILD M.F. (2007), "Citizens as Sensors: The World of Volunteered Geography," *GeoJournal*, 69, n. 4, pp. 211-221.

GRAHAM M. (2010), "Neogeography and the Palimpsests of Place", *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 101, n. 4, pp. 422–436.

GRAHAM M., ZOOK M. (2011), "Visualizing Global Cyberscapes: Mapping User-Generated Placemarks", *Journal of Urban Technology,* 18, n. 1, pp. 115–132.

HAKLAY M., SINGLETON A.D., PARKER C., (2008), "Web mapping 2.0: the Neogeography of the Geospatial Internet", *Geography Compass*, 2, n. 6, pp. 2011-2039.

INNOCENTI P. (2011), *Tourism Studies. The Emergence of a New Systemic Approach: Examples from the United States and Europe*, Raleigh – NC, Lulu Press.

JANELLE D. (1973), "Measuring Human Extensibility in a Shrinking World," *Journal of Geography*, 72, n. 5, pp. 8-15.

KELLERMAN A. (2002), *The Internet on Earth: A Geography of Information*, London and New York, John Wiley.

LARSEN J., URRY J., AXHAUSEN K. (2006), *Mobilities, Networks and Geographies*, Aldershot, Ashgate.

LARSEN J., URRY J., AXHAUSEN K. (2007), "Networks and Tourism. Mobile Social Life", *Annals of Tourism Research*, Vol. 34, No. 1, pp. 244–262.

LAW R., FUCHS M., RICCI F. (eds.) (2011), *Information and Communication Technologies in Tourism 2011. Proceedings of the International Conference ENTER*, Wien, Springer-Verlag.

LEU C.J., CROMPTON L., FESENMAIER D.R. (1993), "Conceptualization of Multi-Destination Pleasure Trips", *Annals of Tourism Research*, 20, pp. 289-301.

LOZATO-GIOTART J.-P. (2008), *Geografia del turismo*, edizione italiana a cura di F. Dallari, Milano, Hoepli.

MEINI M. (a cura) (2008), *Mobilità e territorio. Flussi, attori, strategie*, Bologna, Pàtron.

MEINI M. (a cura) (2012), *Turismo al plurale. Una lettura integrata del territorio per un'offerta turistica sostenibile*, Milano, FrancoAngeli.

MEINI M., NOCERA R., SPINELLI GF. (2012). "Flussi turistici e regioni di destinazione: come misurare la mobilità turistica", in DINI F., RANDELLI F., *Oltre la globalizzazione: le proposte della Geografia Economica*, Firenze, Firenze University Press (Memorie Geografiche, n.s., 9), pp. 211-220.

MEINI M., NOCERA R., SPINELLI GF. (2012), "Un approccio sistematico per l'analisi di mobilità tramite l'uso di immagini geolocalizzate", *Atti 16ª Conferenza Nazionale ASITA – Fiera di Vicenza 6-9 novembre 2012*, pp. 957-961.

MEINI M., SPINELLI GF. (2009), "The Digital Grand Tour: Technological Tools for Travel Narrative", *Tourist Experiences: Meanings, Motivations, Behaviours. Conference Proceedings 1st-4th April 2009*, Lancashire – UK.

MEINI M., SPINELLI GF. (2012), "Il territorio nella comunicazione turistica digitale", *Annali del turismo*, 1, Geoprogress Edizioni, Novara, pp. 327-343.

MINCA C., OAKES T. (eds.) (2006), *Travels in Paradox: Remapping Tourism*, Lanham – MD, Rowman and Littlefield.

MIOSSEC J.-M. (1976), *Eléments pour une théorie de l'espace touristique*, Aix-en-Provence, « Les Cahiers du tourisme », Série C, 36.

MIOSSEC J.-M. (1977), « Un modèle de l'espace touristique », *L'espace géographique*, 6, pp. 41-48.

PEARCE D. (1987), "Spatial pattern of package tourism in Europe", *Annals of tourism research*, vol.14, n. 2, pp. 183-201.

SCHARL A., TOCHTERMANN K. (eds.) (2007), *The geospatial Web: How geobrowsers, social software and the Web 2.0 are shaping the network society,* London, Springer-Verlag.

SHOVAL N., ISAACSON M. (2007), "Tracking Tourists in the Digital Age", *Annals of Tourism Research*, Vol. 34, No. 1, pp. 141–159.

SUI D., ELWOOD S., GOODCHILD M. (eds.) (2013), *Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice*, Springer.

TOSCHI U. (1957), *Aspetti geografici dell'economia turistica in Italia*, Bari, Cressati.

TURNER A. (2006), *Introduction to Neogeography*, Sebastopol – CA, O'Reilly.

ZOOK M., DEVRIENDT L., DODGE M. (2011), "Cyberspatial Proximity Metrics: Reconceptualizing Distance in the Global Urban System", *Journal of Urban Technology*, 18, n. 1, pp. 93-114.

# METODOLOGIE INNOVATIVE PER IL SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE E ALL'ANALISI DELLE PRESTAZIONI DI IMPIANTI AD ENERGIA SOLARE A CONCENTRAZIONE ED EOLICI OFF-SHORE UTILIZZANDO IMMAGINI SATELLITARI OTTICHE E SAR

## *INNOVATIVE METHODOLOGIES TO SUPPORT THE DESIGN AND PERFORMANCE ANALYSIS OF CONCENTRATED SOLAR POWER PLANTS AND OFF-SHORE WIND POWER PLANTS USING OPTICAL AND SAR SATELLITE IMAGERY*

**Marco Morelli*, Andrea Masini**, Marco Alberto Carlo Potenza***

### Riassunto

In questo lavoro presentiamo delle nuove metodologie, sviluppate nell'ambito del progetto SATENERG (Servizi sATellitari per le ENergie Rinnovabili di nuova Generazione) finanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana, sia per il supporto alla progettazione/pianificazione che per il monitoraggio quasi in tempo reale e l'analisi delle prestazioni degli impianti ad energia rinnovabile di nuova generazione (CSP, CPV ed eolici *off-shore*) utilizzando immagini satellitari.
In particolare per quanto riguarda gli impianti solari a concentrazione (CSP e CPV), abbiamo sviluppato un metodo per ricavare l'irradianza solare incidente al suolo (in particolare la sua componente diretta normale rispetto ai raggi solari, fondamentale per questo tipo di impianti) da immagini ottiche satellitari. Ciò, unito ad un modello di funzionamento di tali impianti e degli inverter, ci ha resi in grado di poter sviluppare un servizio di supporto nella progettazione e pianificazione di nuove costruzioni di impianti CSP e CPV (analizzando serie storiche di dati satellitari) ed anche un servizio di monitoraggio e analisi delle prestazioni per quelli già esistenti (usando invece immagini satellitari quasi in tempo reale).
In maniera simile, usando immagini SAR (*Synthetic Aperture Radar*), abbiamo sviluppato un metodo per ricavare l'intensità e la direzione del vento in aree marine da remoto che ci ha permesso, utilizzando anche un modello di impianto eolico *off-shore* (turbina e *inverter*), di sviluppare sia un servizio di supporto alla progettazione/pianificazione che un servizio di monitoraggio quasi in tempo reale della produzione di un impianto eolico *off-shore*.
Le prime applicazioni di queste nuove metodologie hanno già portato ad avere ottimi risultati in vari casi di prova sia per quanto concerne il monitoraggio dell'irradianza diretta su piano normale, in cui l'irradianza misurata e quella ricavata da dato satellitare non si sono discostate più del 10%,

* Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Milano, Via Celoria 16, 20133 – Milano (Italia); marco.morelli1@unimi.it
** Flyby S.r.l., Via Puini 97, 57128 – Livorno (Italia)

sia per quanto riguarda il calcolo dell'intensità e direzione del vento da immagini SAR, in cui l'errore rispetto al dato misurato è rimasto al di sotto del 15%, fornendo quindi una buona base per il monitoraggio della energia AC prodotta dagli impianti.
***Parole chiave:*** energie rinnovabili; monitoraggio da remoto; CSP; CPV; eolico *off-shore*; immagini satellitari ottiche; immagini satellitari SAR; Meteosat Second Generation; Cosmo-Skymed

***Abstract***

*In this work we present new methodologies aimed to support both planning and near-real-time monitoring of new generation solar and wind energy plants (CSP, CPV and wind off-shore) using satellite imagery. Such methodologies are currently being developed in the scope of SATENERG, a project funded by ASI (Italian Space Agency).*

*In particular, for what concerns the concentrating solar energy plants (CSP and CPV) we developed a method to calculate solar irradiance at ground (and its direct normal component, that has primary importance in this type of plants) starting from satellite optical images. Then, using also detailed opto-electronic models of the plants and inverters, we are able to calculate the producible energy, which can be used to support either the design of potential plants (using historical series of satellite images) or the monitoring and performance analysis of existing plants (using near-real-time satellite imagery). Producible energy and other interesting parameters, like production efficiency, return on investment etc., are delivered through dedicated web services.*

*In a similar way, we developed also a method to calculate the intensity and the direction of off-shore wind from satellite SAR (Synthetic Aperture Radar) images that permitted us, together with detailed models of wind turbine and inverters, to develop a new service in support to both planning and near-real-time monitoring activities of off-shore wind plants.*

*The first applications of these methods gave successful results in several test cases: we obtained a maximum error of 10% for satellite retrieved direct normal solar irradiance and a maximum error of 15% for wind direction and intensity calculated from SAR images (with respect to in-situ measured data).*
**Keywords:** *renewable energies; remote monitoring; CSP; CPV; wind off-shore; optical satellite imagery; SAR satellite imagery; Meteosat Second Generation; Cosmo-Skymed*

# 1. Introduzione

## 1.1 Contesto

L'incremento del consumo di energia, previsto per i prossimi anni è superiore al tasso di crescita delle fonti energetiche derivanti dai combustibili fossili (carbone, gas e petrolio), che rappresentano oggi all'incirca, l'80% dell'energia prodotta globalmente. Il problema di garantire un'abbondanza di disponibilità di fonti energetiche il cui uso abbia, al contempo, un impatto limitato sul sistema ambientale è una delle grandi sfide per prossimi decenni.

Un modo concreto per affrontare il problema energetico, che è stato adottato dall'Italia e da altri paesi, è quello di favorire, anche tramite l'introduzione di un'apposita legislazione, un uso sempre maggiore di energie rinnovabili. Le potenzialità dell'energia solare ed eolica, pur essendo note da anni, iniziano ad essere sfruttate solo oggi. Data la variabilità non facilmente prevedibile che caratterizza queste due fonti energetiche, l'installazione di nuovi impianti richiede un'attenta analisi in termini di pianificazione e operatività. Strumenti capaci di fornire un'accurata stima delle risorse sono quindi fortemente richiesti dagli investitori che hanno la necessità di pianificare il rientro degli investimenti necessari a finanziare la costruzione di nuovi impianti energetici. Prima di giungere ad un uso fattuale

dell'energia solare e di quella eolica, è fondamentale, quindi, valutare la loro disponibilità tramite il monitoraggio dei parametri ambientali significativi. Può accadere, però, come nel caso di impianti eolici *off-shore*, che le tecniche standard per il monitoraggio dei dati ambientali, basate sull'uso di sensori in situ, siano particolarmente onerose.

Una significativa riduzione dei costi può, allora, essere ottenuta impiegando metodi di monitoraggio che usano tecniche di misura satellitare per valutare la quantità di energia producibile in una certa località. Inoltre sin dall'inizio dell'attività produttiva dell'impianto energetico, è necessario uno strumento che consenta di monitorare e gestire in modo ottimale la produttività dell'impianto così da aumentarne l'efficienza e da garantire una riduzione dei costi operativi. Un metodo efficace ed economicamente sostenibile per questo scopo, è il controllo dell'impianto tramite il confronto tra la potenza prodotta e quella prevista da opportuni metodi di simulazione, che usano dati satellitari per la stima dei parametri ambientali coinvolti nella produzione.

## 1.2 Il progetto SATENERG

SATENERG è un progetto finanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) nell'ambito del 2° Bando Tematico P.M.I. "Osservazione della Terra" dedicato all'utilizzo di dati satellitari per servizi nell'ambito delle energie rinnovabili. I partner del progetto sono l'azienda Flyby S.r.l. di Livorno (*Prime Contractor*) e l'azienda PXL di Roma.

Al fine di orientare, il più possibile, lo sviluppo dei servizi verso le effettive richieste del mercato, è stato coinvolto come utente di riferimento del progetto ENEL Green Power S.p.a (ENEL GP), che ha formalmente espresso il suo interesse per le attività di SATENERG.

Il progetto mira a sviluppare servizi di pianificazione e monitoraggio della produzione energetica da fonti rinnovabili sfruttando dati satellitari EO *(Earth Observation)* e tecniche di modellizzazione. Gli impianti oggetto di tali servizi sono gli impianti eolici *off-shore*, solari termodinamici (CSP) e fotovoltaici a concentrazione (CPV).

Per offrire questo tipo di servizi si propone di stimare due principali entità fisiche:

– l'intensità e della direzione del vento in mare aperto;
– l'irradianza solare a terra.

La stima del vento è di fondamentale importanza per assistere la progettazione e il monitoraggio di impianti eolici *off-shore*. Il progetto SATENERG ha l'obiettivo di analizzare e sviluppare le metodologie satellitari per la stima dei venti, in particolare si pianifica di sviluppare una nuova metodologia per la stima dei venti in banda X (permettendo l'utilizzo dei dati COSMO/SKYMED per questa finalità) e di investigare altre possibilità come l'uso di scatterometri e SAR in banda C.

Per quanto riguarda invece la stima della quantità di energia solare che giunge a terra, essa è fondamentale per assistere l'industria energetica nella progettazione e nel monitoraggio di impianti solari termodinamici e di impianti fotovoltaici a concentrazione. Il progetto prevede di utilizzare i dati del satellite MSG (SEVIRI) e contemplare i sensori MIOSAT e PRISMA per un futuro utilizzo con questa applicazione.

I servizi di assistenza nella produzione energetica da fonti rinnovabili che saranno sviluppati all'interno del progetto SATENERG consistono in due aspetti:

– supporto alla progettazione dell'impianto;
– supporto per la gestione dell'impianto.

## 2. Stima del vento e dell'irradianza solare dai satellite di osservazione della Terra

### 2.1 Stima del vento in ambiente marino

L'estrazione di informazioni ambientali da immagini SAR oceaniche è stata un'area di ricerca per molti anni, e molteplici approcci sono stati sviluppati per caratterizzare una vasta serie di parametri:

- onde;
- venti;
- correnti.

Nel progetto SATENERG l'attenzione si concentra maggiormente sull'uso di immagini SAR per la stima di vettori di vento in acque marine, costiere e non. Quasi tutte le metodologie di estrazione di informazioni oceaniche da immagini SAR si basano sulla teoria di *scattering* dell'oceano (*scattering* Bragg). Questa teoria, presuppone che le variazioni della luminosità (o intensità) delle immagini SAR siano proporzionali all'ampiezza delle onde superficiali oceaniche. Secondo questa teoria le onde che scatterano maggiormente hanno un numero d'onda $K_b$ tale che:

$$K_b = 2K_{em} \sin(\vartheta) \quad [1]$$

dove $K_{em}$ è il numero d'onda della radiazione elettromagnetica incidente e $\vartheta$ l'angolo con cui incide. Ciò significa che si avrà maggiore evidenza dello *scattering* da onde di piccola scala.

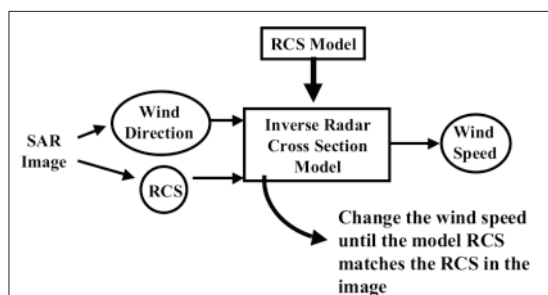



*Fig. 1 – Schema dell'algoritmo per la stima del vento da immagini SAR*
*Fonte: Stoffelen, 1997.*

Considerando che il responsabile delle onde di piccola scala è proprio il vento locale, è da queste considerazioni che derivano i vari approcci, presentati in letteratura, per stimarlo. Questo fatto, infatti implica, che la RCS (*Radar Cross Section*) dell'immagine SAR possa essere collegata alla velocità e alla direzione del vento locale. L'approccio generale per la stima del vento è illustrato nella Figura 1. Alla base di tutto viene utilizzato un modello che metta in relazione la RCS con la velocità e la direzione del vento (Nirchio, 2010). La procedura generale è quella di stimare inizialmente la direzione del vento e successivamente trovare la velocità del vento che riproduce la RCS osservata. Ciò che differenzia i diversi approcci sono il modello di RCS utilizzati e il modo con cui viene stimata la direzione del vento.

Per la Missione ESA ERS-1/2 (sensori SAR in banda C che operano in polarizzazione VV) alcuni modelli di RCS sono stati presentati e validati. Per la missione canadese RADARSAT-1 (sensore SAR in banda C che opera in polarizzazione HH), in letteratura sono stati presentati due diversi approcci. Il primo è quello di modificare empiricamente i modelli VV per adattarli alla polarizzazione HH. Il secondo approccio è quello di analizzare nuovi modelli direttamente per la polarizzazione HH.

Per la missione ENVISAT (sensore SAR in banda C) sono due i modelli, derivanti dagli approcci seguiti per la missione ERS 1/2, che hanno portato ai migliori risultati:

- CMOD4 sviluppato dall'Agenzia Spaziale Europea;
- CMOD_IFR2.

Vari approcci sono stati sviluppati anche per stimare la direzione del vento. Una classe di metodologie sfrutta l'immagine SAR anche per stimare questo parametro osservando che ci sono caratteristiche nelle immagini che tendono ad essere allineate con il vento locale. Il vantaggio di questa classe di approcci è stimare il vettore di vento dal solo dato SAR senza riferimento ad altre sorgenti. Lo svantaggio è che la direzione del vento risultante ha ambiguità di 180° e che le caratteristiche che vengono utilizzate non sempre sono presenti nell'immagine SAR.

La seconda classe di approcci utilizza contemporaneamente altri satelliti (ad esempio scatterometri) o fa uso di modelli atmosferici da cui derivare questo parametro. La recente possibilità di poter usufruire di nuove costellazioni in banda X (COSMO/SKYMED, TerraSARX) sta focalizzando l'interesse del mondo accademico verso lo sviluppo di metodologie (XMOD) per la stima di parametri utilizzando queste nuove sorgenti di dati.

Se per l'utilizzo di dati della missione TerraSAR-X in letteratura è possibile trovare alcuni risultati, sono molto poche ad oggi le metodologie che sfruttino la costellazione Cosmo/SkyMed e la definizione di nuove metodologie per la stima del vento utilizzando questa costellazione garantirebbe lo sfruttamento di nuovi dati per applicazioni facilmente sfruttabili commercialmente.

## 2.2 Stima dell'irradianza solare al suolo

Lo sfruttamento dei dati di osservazione della Terra per la stima della radiazione solare che giunge al suolo è stata oggetto di molte ricerche che hanno portato alla definizione della metodologia denominata Heliosat. La tecnica Heliosat per l'analisi di immagini satellitari fu introdotta per la prima volta da Cano (Cano, 1986) e nel corso degli anni è stata più volte validata ed oggetto di studi migliorativi (Rigollier, 2000) che hanno introdotto nuove metodologie per calcolare l'indice di nuvolosità, di cielo sereno e l'irradianza globale orizzontale nel caso di cielo sereno. Tale tecnica è pertanto ad oggi una metodologia standard e affidabile.

Heliosat è uno dei metodi più usati per ottenere da dati ambientali rilevati con tecniche di misura satellitare, l'irradianza globale orizzontale sulla superficie terrestre. I suoi aspetti chiave sono:

- la conversione dell'immagine satellitare in una matrice di "indici di nuvolosità";
- la conversione dell'indice di nuvolosità in "indice di cielo sereno";
- il modello per il calcolo dell'irradianza globale orizzontale in condizioni di cielo sereno.

L'indice di nuvolosità rappresenta una sorta di attenuazione della radiazione dovuta all'atmosfera. Per il suo calcolo è anche necessario una serie temporale di immagini satellitari, insieme con la corrispondente informazione (*Cloud Mask*) sulla presenza o meno di nuvole al momento della rilevazione della radiazione da parte dei pixel del sensore. L'indice di nuvolosità è quindi collegato, da una rela-

zione lineare, all'indice di cielo sereno che rappresenta il rapporto tra l'irradianza globale orizzontale (la grandezza che si vuole calcolare) e l'irradianza globale orizzontale in condizioni di cielo sereno. Stimando quest'ultima per mezzo di un modello di atmosfera priva di nubi (Rigollier, 2000), si può infine ricavare l'irradianza globale orizzontale.

Questo metodo è applicato a immagini acquisite da satelliti meteorologici geostazionari, quali Meteosat (EUMETSAT), GOES (NASA) e GMS (NASDA). La metodologia appena descritta potrà essere adattata ai dati che verranno raccolti dal sistema PRISMA, che avrà anche un sensore iperspettrale che rileverà la radiazione nell'intervallo 0.4-2.5 $\mu$m, avrà una risoluzione spaziale di 20-30 metri e annovererà tra i prodotti di livello 1 la *Cloud Mask*. Si potrà valutare l'applicazione di questa metodologia anche ai dati raccolti con il sensore MIOSAT.

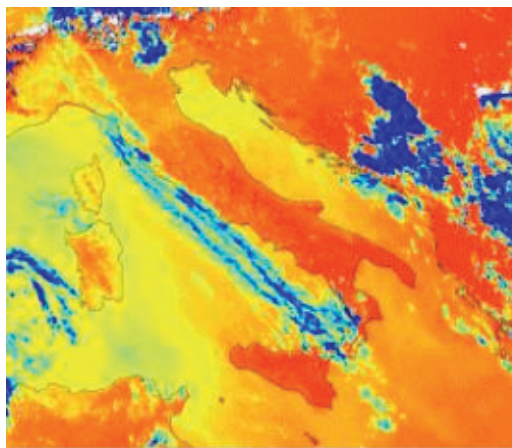



*Fig. 2 – Mappa di irradiazione solare ricavata usando il modello Heliosat ed immagini del satellite MSG*
*Fonte: elaborazione dati MSG effettuata da Flyby, 2013.*

## 3. La modellizzazione degli impianti

Partendo dai parametri ambientali stimabili sfruttando i dati satellitari è possibile, utilizzando opportuni modelli che descrivono il comportamento degli impianti, calcolare la potenza producibile dall'impianto e confrontarla con quella effettivamente prodotta ai fini di un monitoraggio delle prestazioni.

### 3.1 Gli impianti eolici *off-shore*

Il modello di impianto eolico *off-shore* che sarà considerato include due elementi:

– il campo di vento;
– le turbine eoliche.

La turbina eolica è un trasformatore di energia con, in ingresso, l'energia eolica e, in uscita, la potenza prodotta. Quando il vento attraversa le pale della turbina parte della sua energia cinetica è trasferita al rotore. La frazione di potenza che è estratta dalla potenza eolica (stimabile dalla velocità del vento, dalla densità dell'aria e dal raggio delle pale della turbine) può essere calcolata tramite un coefficiente che dipende, esso stesso, dalla velocità del vento e dall'angolo di beccheggio della pala eolica.

### 3.2 Gli impianti CSP

Gli impianti solari termodinamici sfruttano la radiazione solare diretta su superficie normale per produrre energia. La conoscenza di questa quantità è essenziale, sia nella fase di pianificazione, per valutare la fattibilità finanziaria di un nuovo impianto produttivo, che nella fase operativa, per un'accurata analisi delle prestazioni del sistema.
I principali dati necessari per la modellizzazione di un campo solare sono:

– la temperatura e la portata del fluido termovettore;
– l'irradianza solare diretta su superficie normale;
– la temperatura ambiente;
– la velocità del vento.

In uscita dal campo solare, il modello, tramite l'analisi del bilancio energetico tra la potenza assorbita dal fluido termovettore e quella ceduta all'ambiente circostante, fornirà i seguenti risultati:

– la temperatura del fluido termovettore;
– la potenza assorbita;
– la potenza ceduta all'ambiente;
– l'efficienza istantanea del campo.

Altri aspetti significativi della modellizzazione del campo solare riguardano:

– l'ottica degli specchi (caratteristiche quali la forma e le proprietà riflettenti);
– la pellicola sulla superficie del tubo ricevitore).

### 3.3 Gli impianti CPV

I sistemi fotovoltaici a concentrazione sono generalmente costituiti da:

– un sistema ottico di specchi riflettenti o di lenti refrattive che concentrano la radiazione solare su dei moduli fotovoltaici;
– un sistema di inseguimento del sole.

I sistemi fotovoltaici concentrati sono usualmente classificati in sistemi a bassa, media e alta concentrazione, a secondo del rapporto tra l'area della superficie effettiva su cui incide la radiazione solare e l'area della superficie dei moduli su cui la radiazione viene concentrata.

I sistemi fotovoltaici a bassa concentrazione sono i più diffusi.

Come nel caso dei sistemi CSP, l'unica componente della radiazione solare che può essere concentrata è quella diretta su superficie normale, la cui conoscenza è fondamentale sia al momento di pianificare l'installazione di un nuovo impianto, per la valutarne la fattibilità finanziaria, sia durante la fase operativa dell'impianto, per analizzarne accuratamente le prestazioni.

Gli altri due aspetti significativi della modellizzazione degli impianti CPV sono:

– la geometria degli specchi riflettenti;
– i moduli fotovoltaici.

I moduli, essendo quelli utilizzati nei sistemi fotovoltaici tradizionali, possono essere modellizzati tramite delle tecniche ben collaudate. Una di queste prevede la rappresentazione del modulo fotovol-

taico tramite un circuito equivalente costituito da un generatore di corrente (fotovoltaica), collegato in serie con una resistenza e in parallelo con un diodo ed un'altra resistenza.

## 4. Risultati

Le prime applicazioni di questi metodi hanno già portato ad avere ottimi risultati in vari casi di test sia per quanto concerne il monitoraggio dell'irradianza diretta su piano normale, in cui l'irradianza misurata e quella ricavata da dato satellitare non si sono discostate più del 10%, sia per quanto riguarda il calcolo dell'intensità e direzione del vento da immagini SAR, in cui l'errore rispetto al dato misurato è rimasto al di sotto del 15%, fornendo quindi una buona base per il monitoraggio della energia AC prodotta dagli impianti e per i servizi web.

### 4.1 Impianti eolici *off-shore*

Il confronto dell'intensità di vento stimata dall'XMOD e i valori di riferimento è stato effettuato su un data set costituito dalle stesse immagini utilizzate per il calcolo dei parametri del modello usato in (Nirchio, 2010), validando i risultati con l'integrazione di immagini acquisite sul Mar Mediterraneo per le quali fossero disponibili i dati QuikSCAT e quelli di ECMWF.

Per ognuno dei 3 satelliti della Costellazione Cosmo-SkyMed allora in orbita, si è verificata l'accuratezza dell'intensità di vento stimata. Per CSKS1 (1° satellite della Costellazione) si è misurata una RMS di circa 1.55 m/s con una deviazione standard di 1.26 m/s (Figura 3a). Per CSKS2, RMS≈1 m/s con deviazione standard pari a 1.2 m/s (Figura 3b). Infine per CSKS3 i risultati non sono dei migliori in quanto solo il 57% delle misure disponibili ha una RMS con QuikSCAT compresa tra 1 e 2 m/s (Figura 3c), forse giustificato dal fatto che tali misure si discostano evidentemente da quelle degli altri due sensori, rendendo il terzo sensore indipendente dagli altri due, dal punto di vista delle misure, come si evince dalla Figura 4.

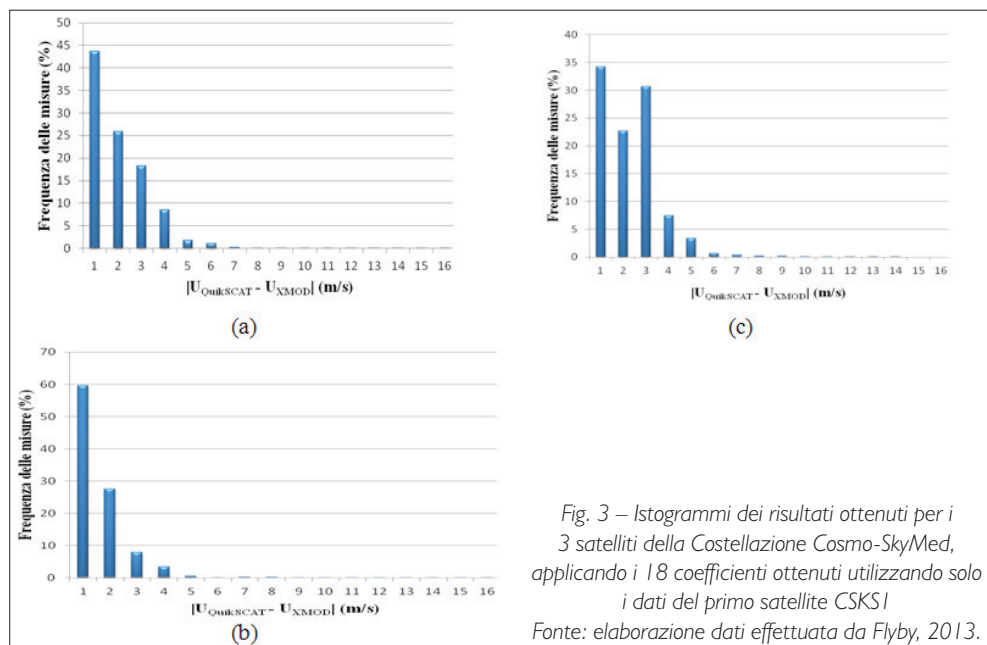



*Fig. 3 – Istogrammi dei risultati ottenuti per i 3 satelliti della Costellazione Cosmo-SkyMed, applicando i 18 coefficienti ottenuti utilizzando solo i dati del primo satellite CSKS1*
*Fonte: elaborazione dati effettuata da Flyby, 2013.*

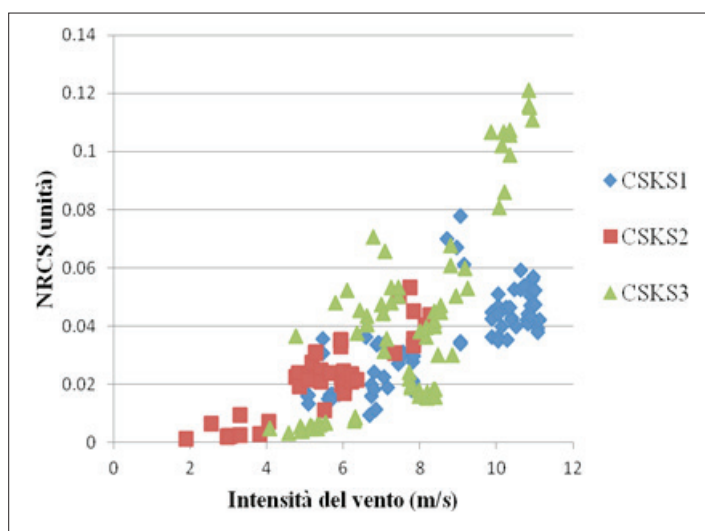



*Fig. 4 – Distribuzione della $\sigma_0\sigma_0$ in funzione dell'intensità del vento fissato l'angolo d'incidenza tra 30° e 35° per tutti e 3 i sensori della Costellazione Cosmo-SkyMed. Fonte: elaborazione dati effettuata da Flyby, 2013.*

Analizzando i risultati ottenuti si può affermare che l'implementazione dell'XMOD possa considerarsi abbastanza soddisfacente. Tali misure forniscono un ottimo punto di riferimento per le previsioni meteorologiche, la navigazione, le variazioni climatiche, le previsioni di disastri naturali e/o pericoli ambientali, per il monitoraggio del vento in prossimità di impianti eolici offshore, etc. a livello mondiale. Esso rappresenta un modello preliminare per la stima del vento sul mare da dati SAR in banda X: un aspetto che richiederà ulteriori approfondimenti è quello che riguarda il *range* dei dati usati nello sviluppo del modello che, nella presente sperimentazione, copre venti d'intensità compresa tra i 2 e gli 8 m/s. In futuro sarà necessario estendere questo *range* a venti che raggiungano i 25 m/s. In secondo luogo si vorrebbe anche comprendere le motivazioni per cui c'è un miglior accordo tra i risultati ottenuti confrontando CSKS1 e CSKS2 con QuikSCAT, rispetto a quelli ottenuti tra CSKS3 e QuikSCAT.

Come già accennato precedentemente, una miglioria apportabile all'XMOD [RD1] è stata realizzata con l'implementazione dell'XMOD2 (sviluppato precedentemente al progetto SATENERG e in attesa di essere pubblicato). Similmente a ciò che è stato fatto in banda C con il CMOD4, anche in banda X si è pensato di separare l'intensità del vento in due *range* e di determinare due diversi set di coefficienti, uno per i venti bassi e l'altro per i venti alti. È stato quindi necessario acquisire nuovi dati Cosmo-SkyMed in zone in cui è nota una ventosità alta (al largo dell'Islanda, del Regno Unito, dell'Alaska e del Canada nell'Oceano Atlantico). Il confronto tra i dati calcolati con l'XMOD2 e i dati di verità a terra (QuikSCAT, NCEP, etc.) ha fornito una RMS pari a 0.8 m/s per i venti di bassa intensità (Figura 5a) e uguale a circa 2 m/s per i venti alti (Figura 5b).

Nella Figura 6 è possibile visualizzare direttamente il confronto tra i dati di vento XMOD2 e quelli di riferimento (QuikSCAT ed NCEP) sia per i venti di bassa intensità che per quelli ad elevata intensità.

*(a)* *(b)*

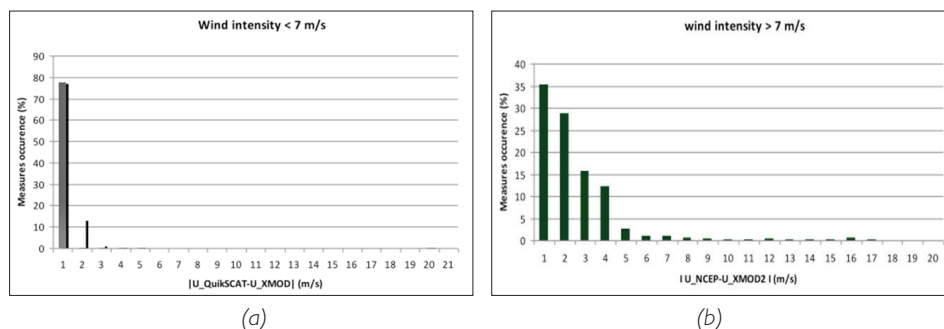



*Fig. 5 – Istogrammi dei risultati ottenuti per il primo satellite della Costellazione Cosmo-SkyMed CSKS1 con XMOD2, rispettivamente per venti bassi (a) e per venti alti (b)*
*Fonte: elaborazione dati effettuata da Flyby, 2013.*

*(a)* *(b)*

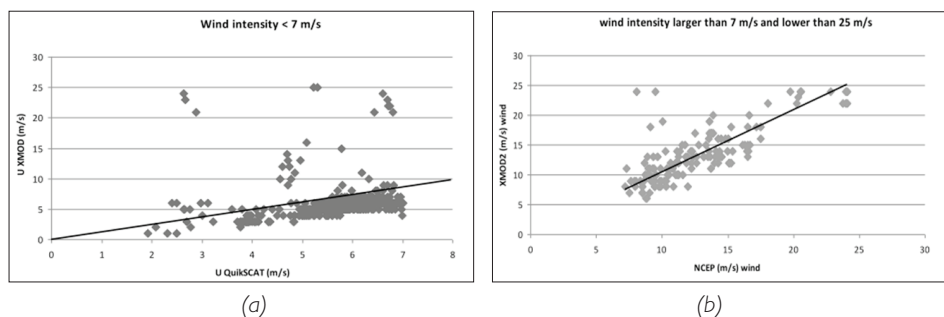



*Fig. 6 – Scatter Plot dei risultati ottenuti con XMOD2, rispettivamente per venti bassi (a) e per venti alti (b)*
*Fonte: elaborazione dati effettuata da Flyby, 2013.*

A differenza dei risultati ottenuti con l'XMOD, anche le misure relative ai sensori CSKS2 (Figura 7a – 7b) e CSKS3 (Figura 8a – 8b), hanno prodotto un buon accordo in termini di intensità di vento se confrontate coi dati di vento di riferimento. Si potrebbe pensare di migliorare ulteriormente l'XMOD2 cercando di ottenere un set di dati più completo soprattutto nei *range* in cui il data set precedente era carente.

La validazione dell'algoritmo per la stima del vento in banda C (Stoffelen, 1997), ovvero il CMOD4, ha invece prodotto un'accuratezza pari a $\pm 1.2$ m/s in mare aperto con una deviazione standard di circa 0.5-1 m/s.

A partire dalla stima del vento effettuata è poi possibile calcolare la potenza AC prodotta da un impianto eolico *off-shore* localizzato in tale sito usando una modellizzazione matematica delle prestazioni di una o più turbine eoliche e degli inverter collegati (Powell, 1981).

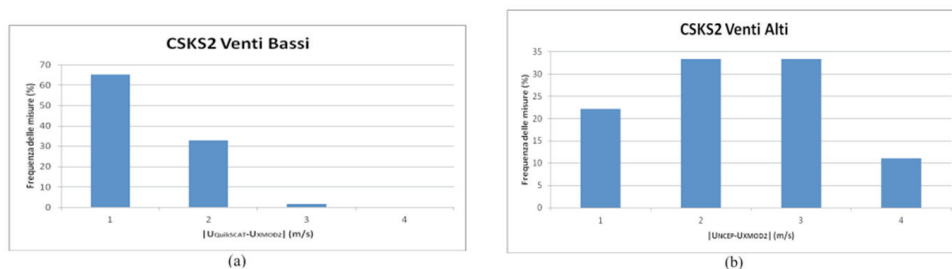



*Fig. 7 – Istogrammi dei risultati ottenuti per CSKS2 con XMOD2, rispettivamente per venti bassi (a) con una RMS pari a 0.7 m/s e per venti alti (b) con RMS uguale a 1.7 m/s*
*Fonte: elaborazione effettuata da Flyby, 2013.*

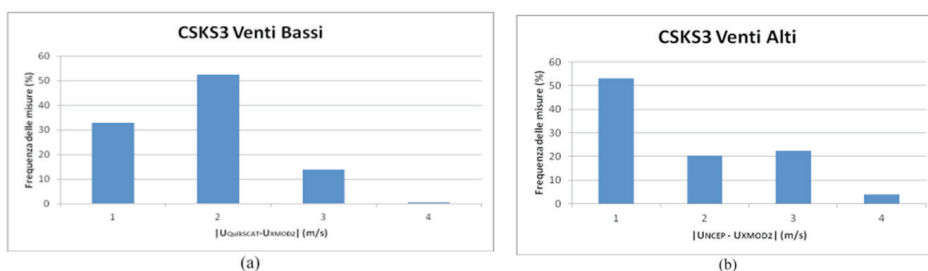



*Fig. 8 – Istogrammi dei risultati ottenuti per CSKS3 con XMOD2, rispettivamente per venti bassi (a) con una RMS pari a 1.27 m/s e per venti alti (b) con RMS uguale a 1.3 m/s*
*Fonte: elaborazione dati effettuata da Flyby, 2013.*

## 4.2 Impianti ad energia solare

Nel caso degli impianti ad energia solare è stato ottenuto un ottimo riscontro fra l'irradianza calcolata da satellite e quella misurata *in-situ*: in generale l'accordo fra i dati rientra nella soglia del 15% per condizioni meteorologiche nuvolose e sotto il 5-10% in condizioni di cielo sereno.

Allo stesso modo anche il test di utilizzo del nuovo metodo nel processo di monitoraggio della produzione di impianti fotovoltaici (pre-esistente) ha condotto ad ottimi risultati, confermando un accordo compreso tra il 5% ed il 10% fra la produzione di potenza AC ricavata a partire da immagini satellitari e quella invece misurata al contatore *in-situ*. Infatti utilizzando i dati di irradianza solare incidente a terra ricavati da satellite è stato possibile ricavare la produzione di potenza AC attesa utilizzando un modello opto-elettronico dell'impianto solare (Eicker, 2003).

Ad esempio nel caso di un impianto test in cui sono state effettuate misurazioni per un periodo di circa otto mesi (aprile – dicembre 2012), il confronto fra la potenza AC oraria misurata e quella calcolata a partire da dati satellitari ha portato ad ottenere un coefficiente di correlazione pari a 0.9075 ed una RMS del 2.06% (come mostrato in Figura 9).

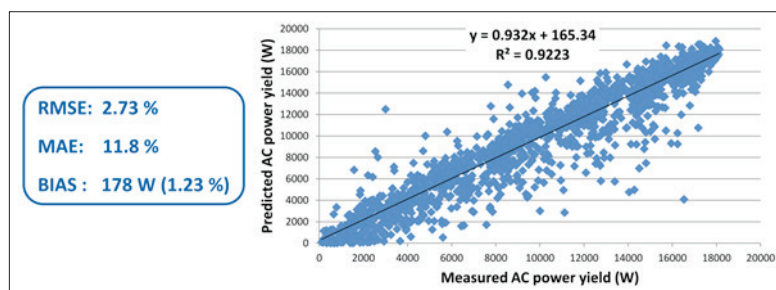



*Fig. 9 – Confronto nel caso di un impianto fotovoltaico di 20 kWp installato presso Baucina, Sicilia (periodo aprile-dicembre 2012) fra la produzione di potenza AC misurata e quella calcolata a partire da dati satellitari Fonte: elaborazione dati effettuata da Flyby, 2012.*

Utilizzando la nuova metodologia sviluppata è stata anche prodotta una mappa dell'irradiazione diretta annuale media incidente su di un piano ad inseguimento solare in Italia. A tal fine sono state elaborate le immagini MSG relative agli ultimi 5 anni ed il risultato (riportato su mappa GIS) è raffigurato in Figura 10.

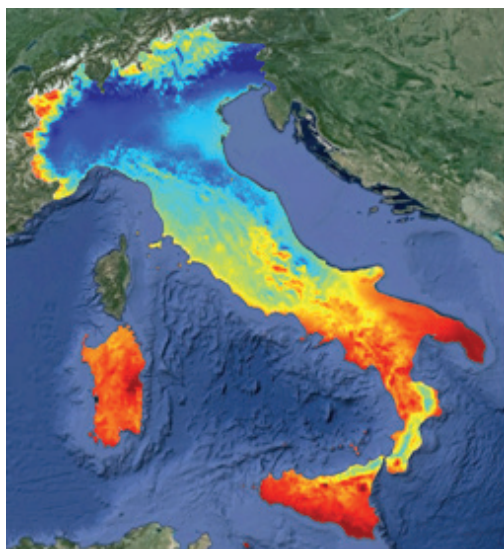



*Fig. 10 – Esempio di mappa GIS dell'irradiazione annuale media incidente su di un piano ad inseguimento solare in Italia ricavata dall'applicazione della nuova metodologia EO ad una serie di immagini satellitari MSG di archivio Fonte: elaborazione dati effettuata da Flyby, 2013.*

È attualmente in corso di messa a punto la parte di modellizzazione degli impianti CSP e CPV, a cui sarà applicata la stessa metodologia sopra descritta per poterne monitorare le prestazioni partendo dal calcolo dell'irradianza solare incidente a terra da immagini ottiche satellitari.

I test saranno effettuati utilizzando i dati di produzione di alcuni impianti CSP e CPV messi a disposizione dall'utente di riferimento Enel Green Power.

## Bibliografia

CANO D., MONGET J.M., ALBUISSON M., GUILLARD H., REGAS N., e WALD L. (1986), A method for the determination of the global solar radiation from meteorological satellite data, "Solar Energy", 37, pp. 31-39.

EICKER U. (2003), Solar technologies for buildings, John Wiley & Son Ltd, Chichester (UK).

NIRCHIO F. e VENAFRA S. (2010), *Preliminary model for wind estimation from Cosmo/SkyMed X band* SAR *data*, in *Conference Proceedings: Proceedings of 2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Honolulu (USA), pp. 3462 –3465.

POWELL W. R. (1981), An Analytical Expression for the Average Output Power of a Wind Machine, "Solar Energy", 26, pp. 77-80.

RIGOLLIER C., BAUER O. e WALD L. (2000), On the clear sky model of the 4th European Solar Radiation Atlas with respect to the Heliosat method, "Solar Energy", 68, pp. 33-48.

STOFFELEN A. e ANDERSON D. (1997), Scatterometer Data Interpretation: Measurement and inversion, "Journal of Atmospheric and Oceanic Technology", 14, pp. 1298-1313.

# IL MONITORAGGIO DEL CONSUMO DEL SUOLO IN ITALIA

# *THE ASSESSMENT OF SOIL CONSUMPTION IN ITALY*

**Michele Munafò*, Ines Marinosci*, Ilaria Tombolini**, Luca Salvati****

## Riassunto

La progressiva artificializzazione e cementificazione del territorio, legate sempre più spesso a un'espansione urbana incontrollata e non pianificata, sono responsabili del consumo del suolo, particolarmente degradato quando viene coperto in maniera permanente con materiali impermeabili come l'asfalto, con risvolti sia sul piano ambientale che su quello economico. Nel presente studio viene illustrata la metodologia di analisi del consumo di suolo sviluppata dall'ISPRA, che ricostruisce l'andamento del fenomeno in Italia dal 1950 ai giorni nostri, integrando dati campionari che derivano da un monitoraggio dettagliato di tipo puntuale con dati di osservazione della terra a livello europeo. Per i sei anni di rilevazione della serie storica disponibile (1956, 1989, 1996, 1998, 2006, 2010), sono stati prodotti indicatori per rilevanti ambiti amministrativi, che hanno evidenziato un consumo di suolo crescente nel tempo, dalla scala comunale a quella nazionale, passando dal 2,8% di superficie consumata totale nel 1956 al 6,9% nel 2010. In base ai risultati, l'aumento del consumo di suolo, che avviene soprattutto a discapito dei paesaggi peri-urbani, non è imputabile solo alla crescita demografica. Appare dunque necessaria una regolamentazione più stringente della crescita urbana che possa stimolare la rigenerazione dei centri esistenti, forme di insediamento più compatte, e la protezione delle aree naturali e agricole.

***Parole chiave:*** degradazione del suolo, sviluppo extraurbano, monitoraggio puntuale, analisi multi-temporale, indicatori

## *Abstract*

*The progressive land exploitation, increasingly related to exurban development and urban sprawl, produces the consumption of soil, particularly degraded when it is permanently covered with impervious materials as the asphalt, with environmental as well as economic implications. The present study illustrates a procedure developed by the Italian National Institute for Environmental Research and Protection, for assessing soil consumption in Italy. This procedure reconstructs the evolution of the phenomenon from 1956 to the present day, integrating data derived from a detailed monitoring of sample plots with earth observation data at European level. The indicators, produced for relevant administrative areas at six points in the investigated time (1956, 1989, 1996, 1998, 2006, 2010), showed an increasing sealed area over the years, both on local and national scale. Interestingly, on the basis of our results, soil consumption rose from 2.8% in 1956 to 6.9% in 2010 in Italy and this increase, occurring mainly at the expense of peri-urban landscapes, is not only due to population growth. Therefore, a more efficient regulation of the urban development is*

* Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma
** Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura, Roma

*needed to stimulate the regeneration of city centres, more compact forms of settlement, and the protection of natural and agricultural areas.*
**Keywords:** *soil degradation, exurban development, high-resolution survey, multi-temporal analysis, indicators*

## 1. Introduzione

Il consumo di suolo costituisce un tema particolarmente sentito sia a livello nazionale che internazionale (cfr. Catalàn *et al.*, 2008, per una *review* a livello internazionale). Tale fenomeno si accompagna in Italia alla perdita di ampie aree vocate all'agricoltura, all'espansione di aree urbane a densità medio-bassa e di insediamenti commerciali e di servizio, alla realizzazione di nuove infrastrutture, con un conseguente aumento della frammentazione degli habitat, della discontinuità paesaggistica, e un elevato impatto sulle risorse naturali e sulla qualità della vita delle popolazioni locali (APAT, 2007; Scalenghe e Aimone Marsan, 2009; Commissione Europea, 2012). I paesaggi peri-urbani vengono progressivamente sottoposti a fenomeni di trasformazione rapida, comportando una perdita ingente di aree ad alto valore ambientale e un uso del suolo non sempre adeguatamente governato da strumenti di pianificazione del territorio, di programmazione delle attività economico-produttive e da politiche efficaci di gestione del patrimonio naturale e culturale tipico (Barberis, 2005). A tal riguardo, appare necessaria una regolamentazione più stringente della crescita urbana che possa stimolare anche una più intensa attività di riqualificazione e di rivitalizzazione dei centri esistenti e dei borghi storici, con evidenti benefici per il settore economico delle costruzioni (Agapito et al., 2009).

A livello europeo, la Strategia tematica per la protezione del suolo del 2006[1] ha sottolineato la necessità di porre in essere buone pratiche per mitigare gli effetti negativi dell'impermeabilizzazione sulle funzioni del suolo. Questo obiettivo generale è stato ulteriormente richiamato nel 2011 con la Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse[2], nella quale si propone che, entro il 2020, le politiche dell'Unione Europea tengano conto delle loro conseguenze sull'uso del suolo, con il traguardo di un incremento dell'occupazione netta di terreno pari a zero da raggiungere entro il 2050.

L'urbanizzazione è una delle principali cause di degrado del suolo, in particolare quando quest'ultimo viene impermeabilizzato, ovvero coperto in maniera permanente con materiali come calcestruzzo, metallo, vetro, catrame e plastica, per la costruzione di edifici, strade o altro, causando impatti ambientali e risvolti anche nel settore economico (Montanarella e Vargas, 2012). La trasformazione del paesaggio, in questo caso, è praticamente irreversibile, e va spesso a incidere su terreni agricoli fertili, mettendo a repentaglio anche il patrimonio di biodiversità e riducendo la disponibilità delle risorse idriche sotterranee. Un suolo in condizioni naturali immagazzina, infatti, fino a 3.750 tonnellate per ettaro o circa 400 mm di precipitazioni (Commissione Europea, 2012), contribuendo a regolare lo scorrimento in superficie delle acque meteoriche. In un ambiente antropizzato la presenza di superfici impermeabilizzate, la riduzione della vegetazione, l'asportazione dello strato superficiale ricco di sostanza organica e l'insorgere di fenomeni di compattazione determinano un grave scadimento della funzionalità del suolo, favorendo fenomeni erosivi e accentuando il trasporto di grandi quantità di sedimento, con una serie di effetti diretti sul ciclo idrologico, producendo un au-

[1] COM(2006) 231 (http://ec.europa.eu/environment/soil/three_en.htm)

[2] COM(2011) 571 (http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/about/roadmap/index_en.htm)

mento del rischio di inondazioni, e di effetti indiretti sul microclima e sulla vulnerabilità ai cambiamenti climatici (Munafò *et al*., 2010).

Deve, pertanto, essere riconosciuto che il suolo è una risorsa naturale limitata e non rinnovabile che, seppure apparentemente inerte, è necessario preservare in quanto essenziale per l'equilibrio della biosfera (Bruegmann, 2005). Il contenimento del suo consumo dovrebbe essere assicurato tutelando l'insieme delle aree agricole, naturali e semi-naturali presenti anche in aree non rurali, compresi i boschi e gli "spazi aperti" nelle aree urbane e peri-urbane (Commissione Europea, 2011). Limitarsi allo studio del solo consumo delle superfici agricole potrebbe comportare, infatti, un rischio di sottostima dell'erosione del capitale naturale in senso lato e della qualità dell'ambiente minacciata dal crescente insieme di aree coperte da edifici, capannoni, strade, ferrovie, aree estrattive, discariche, cantieri, cortili, piazzali e altre aree pavimentate o in terra battuta, serre e altre coperture permanenti, aeroporti e porti, aree e campi sportivi impermeabili, pannelli fotovoltaici e tutte le altre aree impermeabilizzate, non necessariamente urbane (ISPRA, 2012a; ISPRA, 2012b). Secondo tale definizione, il consumo di suolo si estende, pertanto, anche in ambiti rurali e naturali, oltre l'area tradizionale di insediamento urbano al cui interno, al contrario, possono permanere aree dove il suolo conserva alcune delle sue funzioni ecosistemiche fondamentali.

In questo lavoro si illustra la metodologia di analisi del consumo di suolo sviluppata dall'ISPRA discutendo tale approccio nella strategia di monitoraggio dei cambiamenti dell'uso del suolo a livello nazionale ed Europeo. Verranno inoltre illustrati i principali risultati in serie storica ottenuti dall'indagine a scala nazionale, regionale e comunale a partire dall'anno 1956.

## 2. La misurazione del consumo di suolo

Se è evidente l'opportunità e l'urgenza di adottare misure di contrasto al consumo di suolo, è comunque fondamentale porre la dovuta attenzione alle fonti informative e agli strumenti in grado di assicurare la base conoscitiva necessaria a monitorare la consistenza e le tendenze del fenomeno nello spazio e nel tempo. Per il monitoraggio del consumo di suolo sono necessari, infatti, tecniche e strumenti di lettura di processi spaziali e di analisi geografica e devono essere altrettanto evidenti i limiti metodologici e conoscitivi dei diversi approcci, anche al fine di una corretta lettura dei dati disponibili. Molto spesso si assiste ad errate interpretazioni dei fenomeni in atto a causa, ad esempio, della non conoscenza delle modalità di acquisizione dei dati, dell'accuratezza dei risultati o del sistema di classificazione utilizzato.

A tal fine, le informazioni sulla copertura e sull'uso del suolo costituiscono una base informativa strategica per la lettura e la rappresentazione del territorio e per lo studio dei processi che lo modificano periodicamente. L'analisi delle dinamiche evolutive del territorio può, infatti, basarsi sullo studio diacronico delle carte di uso e di copertura del suolo e sulla valutazione dei cambiamenti intercorsi col passare degli anni. Attraverso la lettura della cartografia elaborata in periodi diversi, può essere valutata la progressiva trasformazione del territorio. Tuttavia, tali basi di dati sono caratterizzate da alcuni elementi concettuali e semantici fondamentali, tra cui il sistema di rilievo del dato, il sistema di classificazione e la legenda, che devono essere tenuti in considerazione nel momento in cui si voglia impiegarli per una stima accurata del consumo di suolo (Munafò *et al*., 2010).

Ci possono essere, infatti, differenze significative nei risultati ottenuti nel momento in cui si utilizzino fonti informative che fanno uso di sistemi di rilievo (telerilevamento/fotointerpretazione, rilievo diretto sul terreno, etc.) e di classificazione diversi e che, come spesso accade, definiscono in maniera differente il concetto di area omogenea o di uso/copertura prevalente, introducendo classi miste o sistemi di classificazione mista di uso e di copertura del suolo. Gran parte delle basi di dati utilizzate,

inoltre, nascono per rispondere ad esigenze specifiche (ad esempio, controlli in agricoltura, pianificazione territoriale, valutazione ambientale, basi statistiche) che hanno necessità di definire sistemi di classificazione poco adatti alla valutazione del consumo di suolo (ISPRA, 2012a).

| **Nome** | **Fonte** | **Copertura** | **Minima unità di rilevazione** | **Scala nominale vettoriale / risoluzione raster / n. campioni** | **Accuratezza tematica (consumo di suolo)** | **Tipo di classificazione (consumo di suolo)** | **Serie storica** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Monitoraggio del consumo del suolo | ISPRA/ ARPA/ APPA | Nazionale | 1 $m^2$ | Campionamento stratificato 120.000 | 99% | 13 classi di copertura; Aree "consumate" (0-1) | 1956-1988-1996-1998-2006 -2008-2010 |
| CORINE Land Cover | EEA (ISPRA per l'Italia) | Europea | 5 ha per i cambiamenti e 25 ha per la copertura | Vettoriale 1:100.000 | >85% | 11 classi miste di uso e copertura per le aree artificiali | 1990-2000-2006-2012 (il 2012 è in corso) |
| Copernicus/ GMES – HRL Imperviousness | EEA (+ ISPRA in Italia) | Europea | 400 $m^2$ | Raster 20 m | >85% | % soil sealing (0-100); | 2006-2009-2012 (il 2012 è in corso) |
| Copernicus/ GMES Urban Atlas | EEA | Principali aree metropolitane Italiane | 2.500 $m^2$ | Vettoriale 1:10.000 | >85% | 17 classi di uso e copertura per le aree artificiali e altre 3 classi per le aree naturali e semi-naturali | 2006 |
| Refresh / Refresh esteso | AGEA | Nazionale | variabile | Vettoriale 1:10.000 | ND | 1 unica classe per le aree artificiali (uso) | 2009-2012 (serie storiche non confrontabili) |
| POPOLUS | AGEA | Nazionale | 30 $m^2$ | Campionamento griglia 1.200.000 | ND | 10 classi di uso per le aree artificiali | 2004 |
| IUTI | MATTM | Nazionale | 5.000 $m^2$ | Campionamento griglia 1.200.000 | ND | Uso del suolo | 1988-1999-2006 |
| Basi territoriali censimento | ISTAT | Nazionale | Sezione di censimento (dimensione variabile) | Vettoriale 1:5.000-1:10.000 nelle aree urbane, 1:25.000 nelle aree rurali | ND | informazione derivata dalle località abitate o dal numero degli edifici | 2001-2011 (serie storiche non del tutto confrontabili) |
| LUCAS | Eurostat | Europea | 30 $m^2$ | Campionamento griglia 18.000 (sull'Italia) | 85% | 5 classi di copertura per le aree artificiali, altre classi di uso | Ogni tre anni (serie storiche non del tutto confrontabili) |
| Dati regionali di uso/copertura | Regioni | Regionale | Generalmente compresa tra 1.600 e 10.000 $m^2$ | Generalmente vettoriale 1:10.000 – 1:25.000 | Variabile | Generalmente si fa riferimento alla classificazione CORINE Land Cover al IV o alV livello | Variabili, con serie storiche spesso non disponibili |

*Tab. 1 – Caratteristiche delle principali fonti informative utili alla valutazione del consumo di suolo in Italia. Fonte: elaborazioni proprie degli autori.*

Per tali ragioni, un sistema di monitoraggio adeguato deve basarsi su un'efficace integrazione di diverse fonti, sia cartografiche, sia campionarie. Un quadro delle principali fonti informative utili al fine del monitoraggio del consumo di suolo a livello nazionale viene riportato in Tabella 1. La tabella evidenzia le caratteristiche di base che devono essere garantite per assicurare stime accurate ed omogenee e, in particolare, la scala di riferimento, la minima unità cartografata o di rilevazione, l'accuratezza tematica, la classificazione utilizzata per la copertura artificiale del territorio, la disponibilità di serie storiche, etc., differenziando i diversi approcci che derivano dall'utilizzo di cartografia vettoriale o raster, di indagine campionaria, di uso o di copertura del suolo.

## 3. L'indagine ISPRA sul consumo di suolo in Italia

L'indagine ISPRA, svolta in collaborazione con il Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente e giunta al sesto anno di attività, rappresenta oggi la più significativa collezione di dati a livello nazionale che ricostruisce l'andamento del consumo di suolo in Italia dal 1956 al 2010. La metodologia di rilevazione sviluppata, l'unica dedicata specificamente al tema del consumo di suolo, è in grado di integrare diverse fonti di dati con i dati locali e i dati di osservazione della terra a livello europeo, anche nell'ambito del programma Copernicus (già noto come GMES – Global Monitoring for Environment and Security), utilizzando analisi cartografiche e aero-fotogrammetriche. L'indagine si pone come fulcro di un possibile sistema di monitoraggio del consumo di suolo a scala nazionale e regionale, svolgendo aggiornamenti periodici con cadenza annuale e analisi a scala locale sui principali comuni oggetto di rilevazione ed è, inoltre, pienamente integrabile con il sistema delle statistiche ambientali dell'ISTAT, con le informazioni fornite dall'AGEA e dall'INEA e con le numerose attività di ricerca svolte dal CRA, CNR, università ed enti regionali e locali sul tema.

Tale metodologia si articola in tre fasi principali: fotointerpretazione, integrazione di dati locali con dati di osservazione della terra a livello europeo, elaborazione degli indicatori. Nella fase di fotointerpretazione sono stati monitorati 120.000 punti di una rete stratificata a tre livelli (nazionale, regionale e comunale), distribuiti sull'intero territorio italiano. Questo monitoraggio di tipo puntuale ha consentito di superare il limite della minima unità cartografata tipica delle cartografie tematiche, che non avrebbe permesso di considerare superfici artificiali inferiori a queste minime unità di rilevazione, superfici tra l'altro molto diffuse nel nostro territorio. Per l'inserimento, la modifica e l'implementazione dei dati derivanti dalla fotointerpretazione, è stato utile disporre di un applicativo web, sviluppato specificatamente dal Servizio Sinanet (la rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale) di ISPRA, che ha facilitato sia le attività di acquisizione, sia il controllo e la validazione delle informazioni raccolte.

L'analisi cartografica e aero-fotogrammetrica è stata basata su sei anni di rilevazione della serie storica disponibile per il periodo compreso tra il 1950 ed oggi, utilizzando la cartografia dell'Istituto Geografico Militare a scala 1:25.000 databile tra il 1938 e il 1990 (mediamente l'anno di riferimento è il 1956), le ortofoto in bianco e nero del 1988-1993 e 1994-1997 distribuite dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), le ortofoto a colori del 1998-2001 e 2004-2007 distribuite sempre dal MATTM. Sono state utilizzate, infine, le ortofoto a colori del periodo 2008-2012, consultate in base alla disponibilità dei dati su Google Earth, oppure tramite i servizi forniti dai geoportali regionali e dall'Istat. Tale serie di dati appare necessariamente discontinua lungo l'asse temporale, essendo dipendente dalla disponibilità di cartografie idonee al processamento di cui sopra in un periodo che si estende negli ultimi sessanta anni. Ove opportuno, nell'analisi è stata tenuta in conto tale discontinuità (si veda la fine di questo paragrafo).

In una fase successiva, è stato effettuato un confronto tra i dati di ISPRA e lo strato informativo europeo ad alta risoluzione spaziale del soil sealing, realizzato nell'ambito del programma Copernicus per l'EEA utilizzando immagini satellitari relative all'anno 2009, aventi una risoluzione spaziale pari a 20 m. Considerata la buona corrispondenza tra i dati Copernicus e quelli ISPRA, è stato possibile effettuare un'integrazione tra i dati campionari e la base informativa cartografica europea per l'intervallo temporale 2008-2012, consentendo di pervenire ad una stima più accurata sul consumo di suolo.

Per il calcolo degli indicatori del consumo di suolo è stato adottato un metodo di classificazione binaria, identificando con il codice "0" le aree non sottoposte ad impermeabilizzazione del suolo e con "1" le aree impermeabilizzate. La tasso di consumo di suolo è stato calcolato come percentuale della superficie impermeabilizzata sul totale della superficie territoriale per anno e per periodo di studio (differenza percentuale tra anni di osservazione, normalizzata per il numero di anni intercorsi). È stato inoltre calcolato un tasso di consumo di suolo pro-capite dividendo la superficie di suolo consumato in metri quadrati per la popolazione residente nell'ambito territoriale definito, attraverso l'uso dei dati censuari in serie storica). Tali elaborazioni sono state effettuate utilizzando come dominio spaziale l'ambito municipale per via della più ampia disponibilità di dati ancillari (ad esempio, popolazione residenti ai censimenti decennali effettuati in Italia lungo l'intero periodo di studio di questo lavoro).

Complessivamente, data la rilevante disponibilità di punti campionati, vengono proposte in questo lavoro stime del consumo di suolo a scala nazionale, ripartizionale, regionale e per fascia altimetrica, utilizzando le definizioni ISTAT di riferimento. Tali stime sono affette da errori particolarmente contenuti (si veda Munafò et al., 2010 per una discussione sull'approccio campionario e sugli aspetti tecnico-statistici derivanti). In questa sede, è stata proposta anche una stima su alcuni comuni scelti a scala nazionale, dove la densità di campionamento consentiva una sufficiente rappresentatività delle elaborazioni effettuate. Il dominio di analisi amministrativo rappresenta un riferimento particolarmente comprensibile anche per utenti che non hanno specifiche competenze di analisi spaziale. Tuttavia, data la differente dimensione dei comuni italiani, i risultati provenienti da analisi che sfruttano tale dominio devono essere considerate sempre in riferimento alla specifica dimensione comunale e, soprattutto, alla proporzione di aree rurali che ricadono nei confini amministrativi.

## 4. Risultati e discussione

I dati ISPRA mostrano come, a livello nazionale, il consumo di suolo (come da definizione menzionata nel precedente paragrafo) sia passato dal 2,8% del 1956 al 6,9% del 2010 (Tabella 2), con un incremento di più di 4 punti percentuali. Ciò significa che sono stati consumati, in media, più di 7 metri quadrati al secondo per oltre 50 anni. Il periodo in cui il consumo di suolo è stato più rapido risulta quello degli anni novanta, in cui si sono sfiorati i 10 metri quadrati al secondo, ma anche il periodo più recente si distingue per un consumo di suolo piuttosto accelerato (più di 8 metri quadrati al secondo). In pratica, ogni 5 mesi viene cementificata una superficie pari a quella del comune di Napoli, ogni anno una superficie pari alla somma di quelle dei comuni di Milano e di Firenze. In termini assoluti, si stima che siamo passati dai circa 8.000 km$^2$ di suolo impermeabilizzato nel 1956 a più di 20.500 km$^2$ nel 2010. Un aumento che non si può spiegare solo con la crescita demografica: se nel 1956 sono stati irreversibilmente persi 170 m$^2$ per ogni italiano, nel 2010 il valore di superficie consumata pro-capite è raddoppiato, passando a più di 340 m$^2$ per abitante.

Prendendo in considerazione le informazioni altimetriche è possibile osservare una percentuale di suolo consumato decrescente lungo il gradiente pianura-montagna. Tra il 1956 e il 2010 in pianura, collina e montagna il suolo consumato è aumentato rispettivamente di circa 7, 3 e 1 punti percentuali (Tabella 3), a fronte di un aumento medio a livello nazionale di 4 punti.

| Anno | % superficie consumata | Superficie consumata pro-capite ($m^2$) |
|---|---|---|
| 1956 | 2,8 | 170 |
| 1989 | 5,1 | 272 |
| 1996 | 5,7 | 303 |
| 1998 | 5,9 | 313 |
| 2006 | 6,6 | 339 |
| 2010 | 6,9 | 343 |

*Tab. 2 – Stima del consumo di suolo in Italia.*
*Fonte: elaborazione su dati ISPRA.*

| Zona altimetrica (m) | 1956 | 1989 | 1996 | 1998 | 2006 | 2010 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pianura (0-300) | 4,2 | 7,9 | 9,0 | 9,4 | 10,5 | 10,9 |
| Collina (300-600) | 2,3 | 4,3 | 4,6 | 4,6 | 5,2 | 5,5 |
| Montagna (> 600) | 1,0 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,9 |

*Tab. 3 – Percentuale di suolo consumato in Italia per fascia altimetrica.*
*Fonte: elaborazione su dati ISPRA.*

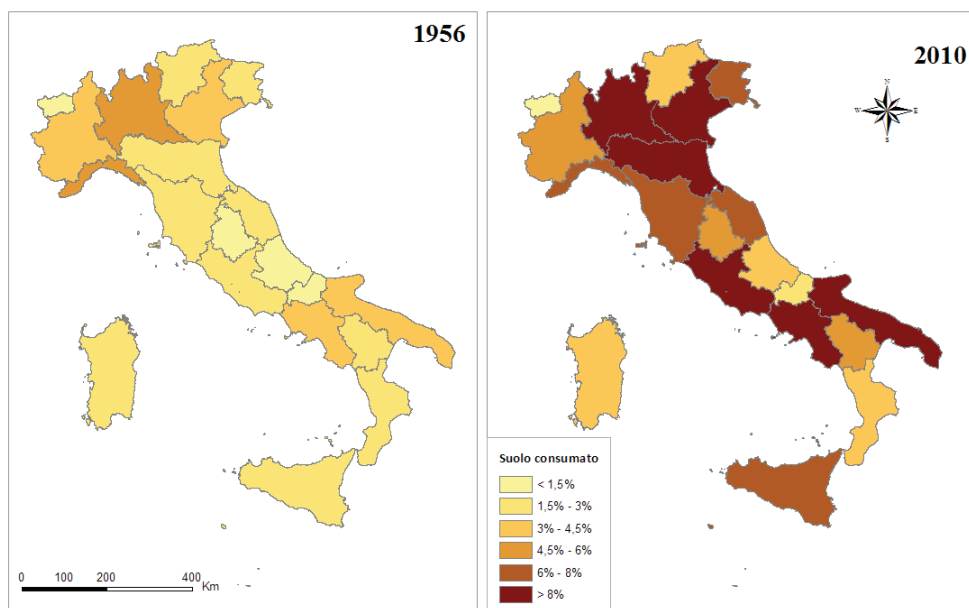



*Fig. 1 – Stima del consumo di suolo per regione (anni 1956, a sinistra, e 2010).*
*Fonte: elaborazione su dati ISPRA.*

A livello regionale il fenomeno è maggiormente diffuso nel nord Italia rispetto alle altre ripartizioni geografiche. La regione Lombardia è in assoluto la regione che totalizza la maggiore superficie consumata, superiore al 10% del territorio regionale, seguita dal Veneto, dall'Emilia Romagna, dalla Puglia e dal Lazio. La tendenza dall'inizio della serie storica disponibile è mostrata a livello regionale nella Figura 1, che mette in evidenza come alle regioni tradizionalmente ad elevato consumo di suolo già nel 1956 (Lombardia e Liguria), se ne siano aggiunte altre in tutto il territorio nazionale con una distribuzione molto più disarticolata rispetto ai classici assi dell'urbanizzazione italiana (ISTAT, 2009). Particolarmente considerevole appare l'incremento delle superfici sigillate in Emilia Romagna, Lazio e Sicilia.

I risultati ottenuti per i principali comuni evidenziano un consumo di suolo elevato in quasi tutte le aree urbane (Figura 2), causato dall'espansione urbana e da nuove infrastrutture, con un trend che cresce anche negli anni più recenti. Nelle aree urbane il fenomeno del consumo di suolo desta ancora più preoccupazione con alcune città, come Milano, Napoli e Torino, dove l'impermeabilizzazione del suolo supera oggi abbondantemente il 50% del territorio comunale. Come si evince dalla mappa in Figura 2, i valori percentuali sono tuttavia poco significativi se non confrontati con i valori assoluti. Questo perché il rapporto tra area urbana ed estensione territoriale comunale varia nelle singole realtà locali. Ci sono, infatti, comuni che hanno un'estensione territoriale molto ampia rispetto all'area urbanizzata (come Roma) e altri in cui la città, al contrario, ha superato di gran lunga i limiti amministrativi comunali (come Milano, Napoli e Torino) estendendosi in aree metropolitane più diffuse. Nel primo caso, a valori relativamente elevati di superficie impermeabilizzata in termini assoluti, possono corrispondere basse percentuali dovute alla preesistenza di ampie aree agricole o

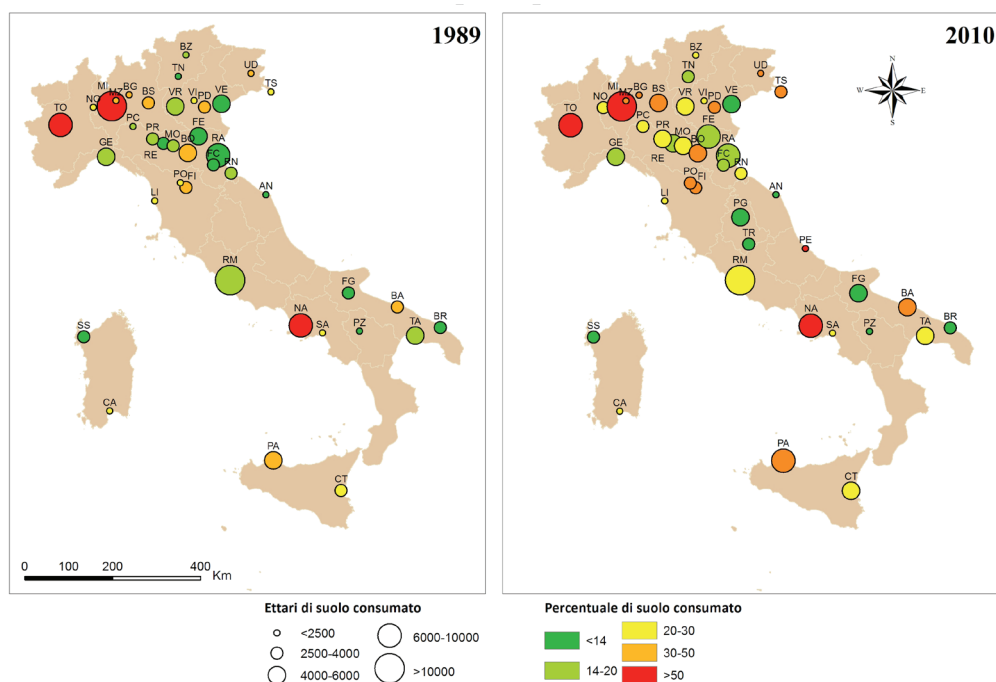



*Fig. 2 – Stima del consumo di suolo nei principali comuni italiani.*
*Fonte: elaborazione su dati ISPRA.*

naturali che circondano la città; nel secondo, viceversa, lo spazio comunale è ormai consumato in percentuali elevate della superficie amministrata (ISPRA, 2012b).

La valutazione del consumo di suolo può anche essere condotta in relazione alla popolazione residente attraverso i seguenti indicatori (Tabella 4): (i) il consumo di suolo pro-capite, ovvero la "superficie consumata pro-capite"; (ii) il rapporto tra il numero di abitanti e la superficie consumata, ovvero l'intensità d'uso del suolo.

*Tab. 4 – Stima del consumo di suolo pro-capite e dell'intensità d'uso nei principali comuni italiani per periodo. Fonte: elaborazione su dati ISPRA.*

| Comuni | Superficie consumata pro-capite [m²/ab] | | | | Intensità d'uso del suolo [ab/ha] | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1994 1997 | 1998 2000 | 2004 2007 | 2008 2011 | 1994 1997 | 1998 2000 | 2004 2007 | 2008 2011 |
| Ancona | 156 | 157 | 166 | | 64,2 | 63,7 | 60,3 | |
| Bari | 123 | 126 | 134 | | 81,0 | 79,2 | 74,6 | |
| Bergamo | 143 | 145 | | 154 | 69,8 | 68,9 | | 64,7 |
| Bologna | 123 | 124 | 137 | | 81,5 | 80,7 | 72,8 | |
| Bolzano | 119 | 122 | 121 | 119 | 83,9 | 81,7 | 82,5 | 83,9 |
| Brescia | 199 | 202 | 210 | 210 | 50,2 | 49,5 | 47,7 | 47,6 |
| Brindisi | 352 | 377 | 430 | | 28,4 | 26,5 | 23,2 | |
| Cagliari | 121 | 123 | 136 | | 82,5 | 81,3 | 73,3 | |
| Catania | 121 | 124 | 145 | | 82,7 | 80,8 | 69,1 | |
| Ferrara | 423 | 431 | 454 | | 23,7 | 23,2 | 22,0 | |
| Firenze | 89 | 92 | 102 | | 112,3 | 109,1 | 98,4 | |
| Foggia | 204 | 217 | 245 | | 49,1 | 46,1 | 40,8 | |
| Forlì | 275 | 283 | 309 | 318 | 36,4 | 35,3 | 32,4 | 31,5 |
| Genova | 71 | 73 | 74 | | 141,7 | 137,8 | 134,7 | |
| Livorno | 132 | 135 | 141 | | 76,0 | 74,2 | 70,7 | |
| Milano | 83 | 84 | 86 | | 121,1 | 119,0 | 116,7 | |
| Modena | 197 | 201 | 221 | | 50,8 | 49,7 | 45,3 | |
| Monza | 124 | 125 | 129 | | 80,5 | 79,9 | 77,8 | |
| Napoli | 71 | 71 | 75 | | 141,8 | 140,8 | 133,9 | |
| Novara | 226 | 232 | 249 | | 44,2 | 43,1 | 40,2 | |
| Padova | 174 | 175 | 182 | | 57,6 | 57,1 | 54,8 | |
| Palermo | 85 | 85 | 90 | | 118,3 | 117,9 | 110,8 | |
| Parma | 247 | 252 | 282 | | 40,5 | 39,6 | 35,4 | |
| Perugia | | | 347 | 343 | | | 28,8 | 29,1 |
| Pescara | | 149 | 145 | | | 67,1 | 68,8 | |
| Piacenza | 203 | 211 | 253 | | 49,2 | 47,3 | 39,6 | |
| Potenza | 303 | 305 | 330 | | 33,0 | 32,8 | 30,3 | |
| Prato | 150 | 150 | 156 | | 66,7 | 66,5 | 64,2 | |
| Ravenna | 549 | 571 | 580 | | 18,2 | 17,5 | 17,2 | |
| Reggio Emilia | 265 | 266 | 252 | | 37,7 | 37,6 | 39,7 | |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rimini | 215 | 219 | 222 | | 46,5 | 45,6 | 45,0 | |
| Roma | 110 | 117 | 129 | 125 | 90,9 | 85,5 | 77,6 | 80,0 |
| Salerno | 105 | 106 | 125 | | 95,5 | 94,5 | 80,1 | |
| Sassari | 300 | 307 | 302 | | 33,3 | 32,5 | 33,1 | |
| Taranto | 208 | 218 | 248 | | 48,0 | 45,9 | 40,3 | |
| Terni | | | | 230 | | | | 43,5 |
| Torino | 77 | 80 | 79 | | 129,3 | 124,4 | 127,3 | |
| Trento | 229 | 229 | 223 | 222 | 43,6 | 43,6 | 44,8 | 45,1 |
| Trieste | 117 | 120 | 134 | | 85,2 | 83,1 | 74,4 | |
| Udine | 218 | 223 | 228 | | 45,8 | 44,9 | 43,9 | |
| Venezia | 166 | 171 | 200 | | 60,1 | 58,3 | 50,1 | |
| Verona | 190 | 198 | 203 | | 52,5 | 50,4 | 49,3 | |
| Vicenza | 190 | 191 | 187 | | 52,7 | 52,5 | 53,3 | |

Il confronto con la popolazione residente permette di analizzare la relazione tra la domanda abitativa potenziale e l'urbanizzazione del territorio. In termini di consumo di suolo, la dispersione urbana e la bassa densità abitativa comportano un aumento dell'impermeabilizzazione media pro-capite. Tra le città oggetto dello studio, solo Bolzano, Trento, Torino, Vicenza, Reggio Emilia, Perugia, Pescara, Roma e Sassari mostrano un leggero miglioramento negli ultimi anni, motivato da un lieve aumento della popolazione che si riflette in un minore incremento relativo della superficie impermeabile. L'intensità d'uso permette anche di valutare, in maniera sintetica, la tipologia insediativa. Valori più elevati dell'intensità d'uso sono riferibili a realtà con maggiore compattezza (come Genova, Napoli e Torino) mentre, al contrario, valori ridotti sono tipici della città a bassa densità, dove il rapporto tra il numero di abitanti e la superficie impermeabile è inferiore (come Ferrara, Ravenna e Potenza). In generale si evidenzia una tendenza alla progressiva decrescita dell'intensità d'uso, e significativa appare, rispetto agli anni '90, la riduzione a Roma, Firenze, Catania e Salerno, con valori che ben rappresentano la progressiva tendenza alla dispersione urbana in questi comuni.

## 5. Conclusioni

I dati proposti mostrano la gravità della progressiva erosione della risorsa suolo a fini residenziali, produttivi, commerciali e infrastrutturali. Molto importanti saranno i prossimi anni, quando potrebbe essere osservata una mitigazione dei tassi di crescita, soprattutto nelle aree peri-urbane e pianeggianti a elevata vocazione agricola. Tali dinamiche dipenderanno anche dal possibile rafforzamento del settore agricolo e dal contenimento dei fenomeni di abbandono legati ai processi socio-economici di concentrazione e di polarizzazione urbana (Kasanko et al., 2006). Contenimento della crescita degli insediamenti umani, recupero dei centri storici e forme urbane più compatte e semi-dense, riuso di aree già urbanizzate a fini di servizi rappresentano possibili risposte a un tema particolarmente sentito a tutti i livelli di *governance* territoriale (Commissione Europea, 2011). Un sistema di monitoraggio, quale quello avviato da ISPRA e dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, condiviso e omogeneo a livello nazionale, è un elemento fondamentale non solo per aumentare le informazioni disponibili e la conoscenza del fenomeno, ma anche come base essenziale di una politica di salvaguardia del nostro territorio. Il sistema di monitoraggio dovrà sempre più integrarsi a livello regionale anche al fine di (i) considerare gli aspetti relativi alla qualità del suolo e alla possibile erosione di tale

capitale naturale; (ii) esprimere e quantificare l'impatto della perdita di suolo agrario e del degrado a scala locale anche in termini di riduzione dei servizi ecosistemici e di vulnerabilità al cambiamento climatico; (iii) fornire informazioni specifiche sulle misure per limitare, mitigare o compensare l'impermeabilizzazione del suolo ai responsabili delle decisioni a livello locale.

Sulla base della conoscenza sullo stato e sulle dinamiche evolutive del consumo del suolo, possono essere attuate anche nel nostro paese, come del resto richiamato dalla Commissione Europea, misure urgenti per limitare e contenere il consumo di suolo attraverso un approccio strutturato sui tre principi di limitazione, mitigazione e compensazione (Commissione Europea, 2012). In particolare si dovrebbe agire per la riduzione del tasso di conversione e trasformazione del territorio agricolo e naturale ed il riuso delle aree già urbanizzate, con la definizione di target realistici al consumo di suolo a livello nazionale e regionale e di linee di azione quali la concentrazione del nuovo sviluppo urbano nelle aree già insediate, la previsione di incentivi finanziari (come i sussidi per lo sviluppo di siti in zone contaminate) e di restrizioni allo sviluppo urbano nelle aree agricole e di elevato valore paesaggistico. Quindi, quando la perdita di suolo è inevitabile, dovrebbero essere definite e implementate misure di mitigazione, volte al mantenimento delle funzioni del suolo e alla riduzione degli effetti negativi sull'ambiente, con il rispetto della qualità del suolo nei processi di pianificazione e con l'indirizzo del nuovo sviluppo verso suoli di minore qualità o già degradati, e con l'applicazione di misure tecniche di mitigazione. Infine, tutti gli interventi inevitabili dovrebbero comunque prevedere una forma di compensazione 'ecologica' preventiva, finalizzata al recupero e al ripristino di aree limitrofe degradate.

L'obiettivo della protezione del suolo può, in altri termini, essere conseguito solo mediante un approccio integrato che richieda il completo impegno a tutti i livelli politici, introducendo requisiti di legge ed eventualmente chiari incentivi finanziari.

## Bibliografia

AGAPITO A., ALESSI E., BATTISTI C., BENEDETTO G., BOLOGNA G., BULGARINI F., CIACCI L., COSTANTINI M., FANTILLI P., FERRONI F., FICORILLI S., FIORAVANTI S., LENZI S., MARTINOJA D., MEREGALLI D., PETRELLA S., PRATESI I., ROCCO M., ROMANO B., TEOFILI C. e TOSATTI V. (2009), 2009: l'anno del cemento – Dossier sul consumo di suolo in Italia, WWF Italia, Roma, p. 65.

APAT (2007), Il suolo la radice della vita, APAT, Roma, p. 117.

BARBERIS R. (2005), Consumo di suolo e qualità dei suoli urbani, Rapporto ARPA Piemonte, Torino, pp. 703-729.

BRUEGMANN R., (2005) Sprawl: A compact History, University of Chicago Press, Chicago, p. 301.

CATALÀN B., SAURI D. e SERRA P. (2008), Urban sprawl in the Mediterranean? Patterns of growth and change in the Barcelona Metropolitan Region 1993–2000, "Landscape and Urban Planning", 85 (III-IV), pp. 174-184.

COMMISSIONE EUROPEA (2011), Report on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects. Technical Report 2011-050, p. 227. http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/sealing/Soil%20sealing%20-%20Final%20Report.pdf

COMMISSIONE EUROPEA (2012), Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo, Bruxelles, 15.5.2012, p. 62.

ISPRA (2012a), Annuario dei dati ambientali (Ed. 2011), ISPRA, Roma.

ISPRA (2012b), Qualità dell'ambiente urbano – VIII Rapporto, ISPRA, Roma, pp. 1-512.

ISTAT (2009), Dinamiche recenti dell'urbanizzazione, in *Rapporto annuale. La situazione del paese nel 2008*, Roma, pp. 17-18.

Kasanko M., Barredo J.I., Lavalle C., McCormick N., Demicheli L. e Sagris V. (2006), Are European cities becoming dispersed? A comparative analysis of 15 European urban areas, "Landscape and Urban Planning", 77 (I-II), pp. 111-130.

Montanarella L. e Vargas R. (2012), Global governance of soil resources as a necessary condition for sustainable development, "Current opinion in environmental sustainability", 4 (VI), pp. 559-564.

Munafò M., Salvucci G., Zitti M. e Salvati L. (2010), Proposta per una metodologia di stima dell'impermeabilizzazione del suolo in Italia, "Rivista di statistica ufficiale", 2-3, pp. 59-72.

Scalenghe R. e Ajmone Marsan F. (2009), The anthropogenic sealing of soils in urban areas, "Landscape and Urban Planning", 90 (I-II), pp. 1-10.

# DINAMICHE D'USO DEL SUOLO, SPRAWL E INTEGRITÀ ECOLOGICA. UN'APPLICAZIONE AL VENETO E ALLE AREE NATURA 2000[†]

# *LAND-USE PATTERNS, SPRAWL DIFFUSION AND ECOLOGICAL INTEGRITY. A CASE STUDY IN NORTH-EAST ITALY AND ON NATURA 2000 AREAS*

**Raffaela Gabriella Rizzo[*], Luca Simone Rizzo[**], Paolo Tizzani[***]**

**Riassunto**

Il contributo focalizza sul Veneto, regione che subisce gli effetti negativi dell'espansione di attività economiche, agricole e dell'artificializzazione del suolo. In un quadro di aree urbane che si espandono e fondono, si palesano problemi sempre più evidenti per la connettività ecologica del territorio. Allargando la ricerca condotta sulle provincie di Verona e Vicenza (Rizzo L.S., Rizzo R.G., Tizzani, 2012), si è valutato quanto l'antropizzazione ponga a rischio i corridoi ecologici e la conservazione della biodiversità. Ricorrendo ad analisi GIS su dati Corine Land Cover e su serie storiche sull'uso del suolo messe a disposizione dalla Regione Veneto, si è calcolata la variazione della connettività ecologica del territorio e ragionato sugli effetti che il consumo di suolo ha avuto sulle reti ecologiche negli ultimi trent'anni (*"Habitat" Directive 92/43/EEC; EECONET,1993*[1]). La ricerca è in linea con lavori prodotti in anni recenti (Battisti, 2004; Biondi *et al.*, 2007; Gurrutxaga *et al.*, 2010).

***Parole chiave:*** uso suolo, consumo di suolo, reti ecologiche, permeabilità animale, aree Natura 2000, Regione Veneto.

***Abstract***

*Our contribution focuses on the Veneto Region, which suffers the negative effects of the spreading of businesses, of intensive agriculture and of soil artificialization. In a context of expanding urban*

---

[†] Il contributo è il frutto del lavoro congiunto degli autori. La stesura della ricerca è da attribuire a L.S. Rizzo per i paragrafi 2, 3, 4.1, 5.1; R.G. Rizzo ha redatto i paragrafi 3.1, 5.4 , 6 e P. Tizzani i paragrafi 1, 5.2, 5.3. Inoltre, il 4.2 è da attribuire a L.S. Rizzo e P. Tizzani.

[*] Università degli Studi di Brescia, Dip. di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e Matematica (raffaela.rizzo@ing.unibs.it)

[**] Università degli Studi di Padova, Centro interdipartimentale di Ricerca e Servizi "Giorgio Lago" (lucasimone.rizzo@unipd.it)

[***] Università degli Studi di Torino, Dip. di Produzioni Animali, Epidemiologia ed Ecologia (paolo.tizzani@unito.it)

[1] L'idea iniziale del governo olandese di una rete ecologica europea risale al 1991. È stata presentata nel 1993 alla Conferenza di Maastricht "Conserving Europe's Natural Heritage: Towards a European Ecological Network". La Dichiarazione EECONET 1993, estesa a 54 Paesi, si propone di salvaguardare specie e habitat di importanza europea sposando un'ottica internazionale.

*areas that show a marked tendency to merge together, one finds increasingly evident risks for the ecological connectivity of the territory as a whole. Further implementing a research carried out the provinces of Verona and Vicenza (Rizzo L.S., Rizzo R.G., Tizzani, 2012), we aimed to gauge whether anthropization places protected areas, ecological corridors and the associated preservation of biodiversity at risk. Employing GIS analysis on CLC data and on time series regarding land use made available by the Veneto Region, we calculated the variation in ecological connectivity of the territory and reflected on the effects that soil consumption has had on ecological systems in the last thirty years ("Habitat" Directive 92/43/EEC; EECONET,1993 (1)). As a whole, our work is in line with research work produced in recent years (Battisti, 2004; Biondi et al., 2007; Gurrutxaga et al., 2010).*

**Keywords:** *land use, soil consumption, ecological networks, Natura 2000 areas, Veneto Region, pattern of movement of (wild) animals.*

## *1. Land use/land cover change* e impatto sull'integrità ecologica: un'*overview* sul dibattito corrente

Negli ultimi cinquant'anni il territorio nazionale è stato investito da crescenti fenomeni di origine antropica che hanno indotto profondi cambiamenti nelle caratteristiche del soprasuolo (CRCS, 2010; Bonora, 2013) e degli *habitat* (Falcucci *et al.*, 2007). Ciò non deve stupire, essendo il bacino del Mediterraneo considerato una delle aree della superficie terrestre maggiormente alterate (Myers *et al.*, 2000) e in cui l'impatto dovuto alle attività umane è più visibile e profondo (Covas e Blondel, 1998; Lavorel *et al*. 1998; Blondel e Aronson 1999; Vallejo *et al.*, 2005). L'importanza di questo dato è evidente se si pensa che solo il 4,7% della vegetazione primaria è ancora presente in quest'area, mentre la quasi totalità della copertura del suolo è dovuta all'attività diretta o indiretta dell'uomo (Falcucci *et al.*, 2007). Nei secoli scorsi le alterazioni ambientali, e in particolare i cambiamenti di copertura del suolo, erano graduali e permettevano un parziale adattamento delle specie animali e vegetali alle nuove condizioni degli *habitat*. Lo studio di Falcucci mette in luce come in particolare dal 1960 al 2000 si è assistito a mutazioni ambientali senza precedenti per la loro rapidità, che hanno condotto da una parte all'ampliamento delle aree boscate nelle zone montane (per spopolamento della montagna) e dall'altra all'aumento dei territori artificiali nelle zone di pianura e in quelle costiere (inurbamento della popolazione).

Considerando che la perdita e l'alterazione degli *habitat* sono universalmente riconosciute tra i fattori maggiormente responsabili dell'attuale crisi della biodiversità (Sala *et al.*, 2000), diventa importante indagare la portata di tale fenomeno non solo a livello di macro scala ma anche a livello locale. La salvaguardia degli *habitat* e delle specie, nell'ottica di sottrarre aree naturali di elevato valore conservazionistico alla progressiva erosione umana, va affrontata mediante l'istituzione di una rete di aree protette e vincolate (Schullery, 1997; Chandrashekara e Sankar 1998). Nel XX secolo la tutela della biodiversità è stata gestita principalmente attraverso la protezione di aree naturali: dal 1975 ad oggi la superficie protetta è così raddoppiata a livello mondiale (Ervin, 2003). "La tutela della biodiversità nel Veneto [come in altre regioni italiane, ndr] avviene principalmente con l'istituzione e successiva gestione delle aree naturali protette (parchi e riserve) e delle aree costituenti la *rete ecologica europea Natura 2000*"[2]. Natura 2000 è oggi il principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità. Si tratta di una rete ecologica diffusa su tutto il territorio dell'Unione. La rete *Natura 2000* è costituita da "ambiti territoriali designati come Siti di Importanza Comunitaria

[2] www.regione.veneto.it/web/ambiente-e-territorio/reti-ecologiche (data ultima consultazione: 18/11/2013).

(S.I.C.) che al termine dell'iter istitutivo diverranno *Zone Speciali di Conservazione* (Z.S.C.) e *Zone di Protezione Speciale* (Z.P.S.)" (Direttiva 92/43/CEE "*Habitat*" e Direttiva 79/409/CEE "Uccelli" rettificata nel 1996[3]). Un elemento innovativo della Rete Natura 2000 è il riconoscimento dell'importanza di alcuni elementi del paesaggio che svolgono un ruolo di connessione per la flora e la fauna (art. 10). Gli Stati membri sono invitati a mantenere o sviluppare tali elementi per migliorarne la coerenza ecologica. La rete Natura 2000 ha, dunque, individuato un problema cardine della conservazione della biodiversità: la protezione delle aree naturali non è sufficiente se non vengono salvaguardate allo stesso tempo le connessioni tra esse. In effetti, molte aree protette tutelano il territorio al loro interno, ma incidono poco sulla conservazione delle aree al di fuori di esse e nello specifico sui cosiddetti "corridoi ecologici" che ne garantiscono la connettività ecologica. In una situazione come quella italiana ci si trova di fronte ad aree protette che sono sempre più isolate all'interno di un territorio progressivamente aggredito da una brutale antropizzazione. Questo fenomeno, se non contrastato, renderà sempre più difficile la connettività di aree che, seppure ad altissima valenza naturalistica, resteranno alla stregua di cattedrali nel deserto (McKinney, 2002, 2006).

## 2. Obiettivo del lavoro

L'obiettivo generale è stimare l'integrità ecologica del territorio studiato attraverso un approccio che poggia su due obiettivi operativi:

1. valutare l'estensione dell'uso antropico del suolo – e la sua frammentazione – nelle province di Verona e Vicenza. Essa di fatto rischia di compromettere l'esistenza di corridoi ecologici funzionanti o la ostacola pesantemente;
2. verificare l'effetto dell'antropizzazione in particolare sulla Rete Natura 2000. Si cerca di capire se e quanto i processi di territorializzazione in atto finiscano coll'isolare le aree in questione impedendo una loro adeguata interrelazione. Si è lavorato, così, per appurare l'effetto diretto dell'antropizzazione sul sito e quello indiretto, intorno ad esso.

## 3. Area oggetto dello studio: lineamenti dei contesti ambientali

Il Veneto copre un'area di circa 18.000 kmq e morfologicamente è molto differenziato. In esso si alternano tipologie fisico-geografiche molto eterogenee: una fascia alpina d'alta montagna (*Dolomiti*), una di media montagna (Prealpi Venete), alcune (ampie) zone collinari pedemontane, moreniche e isolate (Colli Euganei, Colli Berici) e una vasta pianura il cui territorio è percorso da una rete idrografica multiforme e capillare. L'area montana e pedemontana è costituita dai bacini del Piave e da tratti dei fiumi Adige, Astico e Brenta (Zunica, 1981; Turri e Ruffo, 1992; Bondesan *et al.*, 2000); fiumi che continuano in pianura dove si contano anche numerosi corsi d'acqua alimentati dalle risorgive (Menago, Bussè, Bacchiglione e Sile, ecc). Il contesto geolitopedologico rispecchia la grande varietà di quadri ambientali citata.

Il caso di studio si concentra sulle provincie di Verona e Vicenza. Si tratta di un'area chiaramente identificabile anche a livello visivo, in cui si passa dalla montagna prealpina (Monte Baldo e Lessini, Gruppo del Pasubio e Altopiano di Asiago) all'alta, media e bassa collina. Nelle parti terminali di quest'ultima si alternano valli con dorsali arrotondate che si abbassano più o meno dolcemente ad incontrare la pianura a sud, che lì si apre formando un arco (Robiglio, 2010) (Figura 2).

[3] Ibidem.

## 3.1 Le aree soggette a tutela naturalistica

Il Veneto conta sei parchi naturali (5 regionali e 1 nazionale), diciannove riserve naturali (13 statali e 6 regionali) e due zone umide di importanza internazionale per un totale di circa 93.000 ettari, il 5% della superficie regionale (Povellato, 2013, p. 17) (Figura 1). La rete Natura 2000, comprendente 104 SIC e 67 ZPS, ricopre 403.000 ettari. In larga parte i SIC e le ZPS si sovrappongono gli uni alle altre e con le aree protette. Complessivamente la superficie soggetta a tutela tocca il 23% del territorio regionale (417.380 ha) ed è in larga parte in area montana. Solo il 7% della Superficie Agricola Utilizzata (SAU) regionale – per metà in aree montane – è interessata da aree tutelate[4].

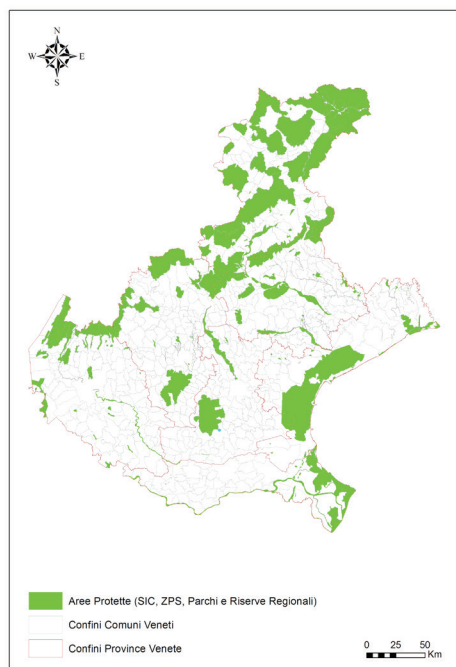



*Fig. 1 – Le aree protette in Veneto*
*Fonte: Regione Veneto. Elaborazione di L.S. Rizzo, 2013.*

Il Veneto occidentale – Lo studio ha preso in considerazione i siti facenti parte della "Rete Natura 2000" localizzati nelle province di Verona e Vicenza sulle quali insistono 25 ZPS (il 31,6% di quelle regionali) e 32 SIC (il 26,6% del totale regionale), con una estensione complessiva pari a 108.249 ettari (Figura 2).

Le sole province di Verona e Vicenza ospitano, quindi, il 26,1% della Rete Natura 2000, seconde solo alla provincia di Belluno. Anche nel loro caso, tutte le ZPS coincidono con altrettanti SIC se si guarda ai limiti amministrativi che le connotano. Ne deriva che dei 32 SIC delle due Province, 25 possiedono una doppia attribuzione (SIC e ZPS) e sono quindi tutelati sia dalla Direttiva "*Habitat*" sia dalla Direttiva "Uccelli".

---

[4] Si ricorda come la presenza di sistemi agricoli ad alto o medio-alto valore naturale (ad esempio, le foraggere permanenti) dia un rilevante contributo sia alla biodiversità sia al paesaggio rurale.

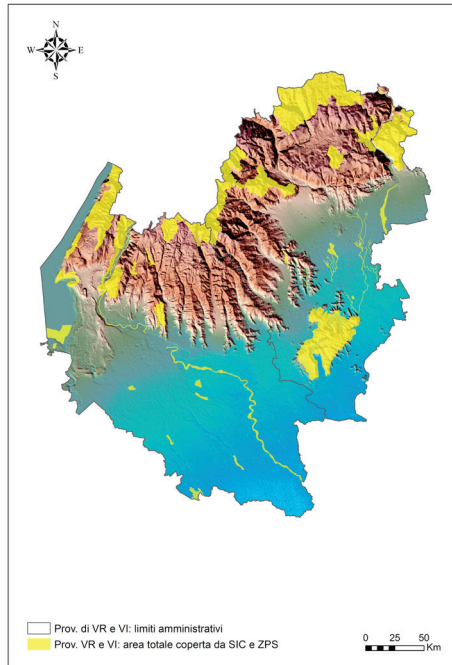



*Fig. 2 – SIC e ZPS e struttura morfologica e altimetrica nelle provincie di Verona e di Vicenza*
*Fonte: Regione Veneto. Elaborazione di R.G. RIZZO, 2013.*

## 4. Metodologia

### 4.1 Fonti informative utilizzate

Per ottemperare agli obiettivi esposti sono stati utilizzati i seguenti *dataset*:

- Limiti delle unità spaziali esaminate in formato .shp (geoportale della Regione Veneto): NUT2 (provincie di Verona e Vicenza) e LAU2 (Comuni veronesi e vicentini);
- Corine Land Cover per l'Italia (1990, 2000, 2006) [database scaricati da SINAnet in formato .shp][5];
- dati Natura 2000 (SIC e ZPS) delle province esaminate (in formato .shp) [scaricati dal geoportale della Regione Veneto];
- il modello digitale di elevazione del terreno (DEM) a 90 metri [prodotto dalla Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)];

[5] Per il "sistema di nomenclatura" delle classi ai vari livelli gerarchici si veda: Bonora *et al*. (2010, p. 9); Sambucini *et al*. (2010, p. 12).

- dati in formato shape al 2008 sull'uso del suolo tratti dal geoportale della Regione Veneto[6] e relativi alle provincie e ai comuni studiati;
- dati sull'uso del suolo della Regione relativi all'anno 1983 (in formato .shp).

Il CLC rappresenta l'uso e la copertura del suolo. Utilizza una classificazione gerarchica a tre livelli con 44 voci (Gardi *et al.*, 2010, p. 29). Si è partiti coll'analizzare i *dataset* CLC 1990, 2000, 2006 con caratteristiche identiche: scala 1:100.000 e unità minima cartografabile (MMU) pari a 25 ettari[7]. I prodotti CLC rappresentano, in effetti, dati comparabili riconosciuti a livello UE e consentono di scattare una fotografia – ad intervalli più o meno regolari – del paesaggio urbano, peri-urbano e rurale, e di caratterizzare i cambiamenti in un lasso di tempo abbastanza lungo (Munafò *et al.*, 273-276). La decisione di ricorrere anche ad altre banche dati – quali la Banca dati regionale sull'uso del suolo – deriva dalla necessità di ovviare (in qualche modo) alle imprecisioni dovute alla bassa risoluzione del CLC nonché di avvicinarsi all'oggi.

### 4.2 Procedure di analisi spaziale implementate

Per il primo obiettivo si è proceduto ad estrarre i poligoni delle due province. A seguire per quanto riguarda l'analisi del dato CLC si è fatta una riclassificazione al livello 1 – dove necessario (del dato al 1990, cioè) – con conseguente ricalcolo delle aree. In un secondo tempo, attraverso una procedura di *overlay* topologico (*intersect*)[8] si sono estratti i poligoni passati dalla classe 2, 3 e 5 nel 1990 alla 1 (aree artificiali) nel 2000 e 2006. Il risultato dell'analisi ha permesso di stimare le aree agricole perse tra il 1990 e il 2006, mettendo in luce l'accentuarsi del modellamento artificiale del suolo. Non ci si è però fermati qui, consapevoli di fenomeni in atto legati soprattutto a pratiche agricole e viticole (quali la conquista da parte del vigneto dei versanti collinari e di aree a bosco ceduo) (Rizzo L.S., 2009, p. 252). Dando l'analisi compiuta sul livello 1 CLC solo qualche indicazione sui cambiamenti dell'uso e della copertura del suolo intercorsi tra il 1990 e il 2006, la si è meglio dettagliata. Essendo la perdita di superficie coltivata considerevole, si è scelto di concentrare su di essa l'attenzione disaggregando il dato al livello 3. Si sono, quindi, calcolati degli indici: il tasso di cambiamento percentuale (per periodo/intervallo) e la portata dello stesso, espressa in ettari.

Si è poi implementata una procedura analoga (di *overlay*) sul dato regionale[9], valutando l'estensione delle aree edificate (sempre al Livello 3 della Classificazione) all'interno delle aree protette e i cambiamenti occorsi dal 1983 al 2009. Sebbene nel 1983 molte zone di protezione non fossero ancora state istituite, l'intento è stato quello di verificare se e come la qualità ecologica di questi territori si sia modificata nel tempo.

---

[6] Si ricorda qui brevemente la genealogia del dato. Per quanto riguarda il processo di produzione, la tabella associata ai dati deriva dall'elaborazione geometrica della banca dati dell'uso e copertura del suolo della Regione Veneto. Tale banca dati, che per la copertura urbana fa riferimento agli archivi realizzati nell'ambito del progetto GSE-Land, è stata implementata tramite la fotointerpretazione delle ortofoto AIMA, per il periodo 1994, e della CTR, nell'edizione originaria del 1983. Le fonti allora sono varie: CTR del 1983 e successive edizioni; ortofoto digitale AIMA del 1994; ortofoto AGEA 2006-2007; archivi dell'uso e copertura del suolo GSE-Land.

[7] Data la scala, equivale a un quadrato di 5x5 mm o a una circonferenza con 2.8 mm di raggio.

[8] Tutte le cartografie realizzate da L.S. Rizzo e R.G. Rizzo sono state prodotte con ArcGIS10.2. Quelle, invece, create da P. Tizzani sono state realizzate usando QGIS 1.8.0.

[9] I *dataset* (Corine Land Cover e BDCS della Regione Veneto) sono stati trattati in modo distinto.

Per il secondo obiettivo, si è valutato come l'antropizzazione *in primis* e in generale i cambiamenti di uso del suolo agiscano sulla permeabilità ambientale[10] (all'interno delle aree protette e al loro esterno) alterando la possibilità di mobilità nel territorio delle specie animali e dunque vanificando in parte il ruolo della Rete Natura 2000. A tal fine si sono presi come specie modello i vertebrati terrestri dell'ordine degli Ungulata (ad esempio, capriolo e cinghiale) che per biologia sono particolarmente interessati da alterazioni dell'uso del suolo.

La permeabilità del territorio è stata calcolata con la seguente procedura:

1. la carta di uso suolo in formato vettoriale (1983 e 2009) è stata riclassificata mediante "indici di frizione ambientale" (Tabella 1)[11]. Tali valori sono stati stabiliti basandosi su un'analisi della letteratura scientifica (Brooker et *al.*, 1999; Patthey, 2003; AA.VV. 2006). Si è attribuito il valore 1 alle aree sorgente (considerando come tali le aree boscate) e valori progressivi fino a 10.000 per identificare le aree non attraversabili, completamente impermeabili all'attraversamento di una specie di ungulato (acque lenticolari, ghiacciai, antropizzato).
2. La carta vettoriale di uso suolo è stata convertita in un *raster* con risoluzione 10 metri (matrice di impedenza) in modo da crearne uno di frizione ambientale relativo agli anni 1983 e 2009.
3. Sono state individuate poi 4 aree di indagine per la valutazione della permeabilità ambientale (Figura 3):
   a. aree ricadenti all'interno di SIC e ZPS;
   b. *ring buffer* di distanza compresa tra 0 e 1000 metri intorno a SIC e ZPS;
   c. *ring buffer* di distanza compresa tra 1001 e 2000 metri intorno a SIC e ZPS;
   d. *ring buffer* di distanza compresa tra 2001 e 3000 metri intorno a SIC e ZPS.
4. Le due matrici d'impedenza sono state utilizzate, mediante operazioni di *raster statistic*, per calcolare la variazione di permeabilità del territorio (dal 1983 al 2009) per la migrazione di una specie ungulata. I valori di tale variazione sono stati espressi in termini di variazione percentuale dal 1983 al 2009, indicando con un valore positivo un aumento della frizione ambientale e viceversa, con un valore negativo, una sua riduzione.

In figura 4 si riporta schematicamente la metodologia impiegata durante la ricerca.

[10] Per permeabilità ambientale si intende la capacità di una determinata categoria di uso del suolo ad essere attraversata da un animale.

[11] Per indice di frizione si intende un valore numerico che esprime la difficoltà per una determinata specie animale nell'attraversare un'area con una determinata tipologia di uso del suolo.

| Tipologia uso del suolo | Codice CLC | Valore di Frizione |
|---|---|---|
| Superfici forestali, cespuglieti, ex-coltivi, praterie e torbiere | 310 | 1 |
| | 311 | 1 |
| | 312 | 1 |
| | 313 | 1 |
| | 320 | 1 |
| | 321 | 1 |
| | 322 | 1 |
| | 323 | 1 |
| | 324 | 1 |
| Prati stabili di pianura, prato-pascoli | 230 | 5 |
| | 231 | 5 |
| | 244 | 5 |
| Aree agricole con spazi naturali | 243 | 15 |
| Rocce, greti e macereti | 330 | 20 |
| | 331 | 20 |
| | 332 | 20 |
| | 333 | 20 |
| Zone umide e canneti | 410 | 40 |
| | 411 | 40 |
| Frutteti e vigneti (colture legnose) | 220 | 100 |
| | 221 | 100 |
| | 222 | 100 |
| | 223 | 100 |
| Zone agricole eterogenee | 240 | 150 |
| | 241 | 150 |
| | 242 | 150 |
| Seminativi | 210 | 200 |
| | 211 | 200 |
| | 212 | 200 |
| | 213 | 200 |
| Acque lotiche (corsi d'acqua) | 510 | 200 |
| | 511 | 200 |
| Verde urbano (parchi e infrastrutture) | 141 | 300 |
| | 142 | 300 |
| Aree estrattive | 131 | 600 |
| | 132 | 600 |
| | 133 | 600 |
| Aree urbanizzate (aree urbane, discariche, autostrade) | 111 | 10.000 |
| | 112 | 10.000 |
| | 113 | 10.000 |
| | 121 | 10.000 |
| | 122 | 10.000 |
| | 123 | 10.000 |
| | 124 | 10.000 |
| | 134 | 10.000 |
| Acque lentiche (bacini naturali e artificiali) e ghiacciai | 335 | 10.000 |
| | 512 | 10.000 |

*Tab. 1 – Valori di frizione per tipologia di uso del suolo*
*Fonte: AA. W. (2006), modificato. Elaborazione di Tizzani e L.S. Rizzo, 2013.*

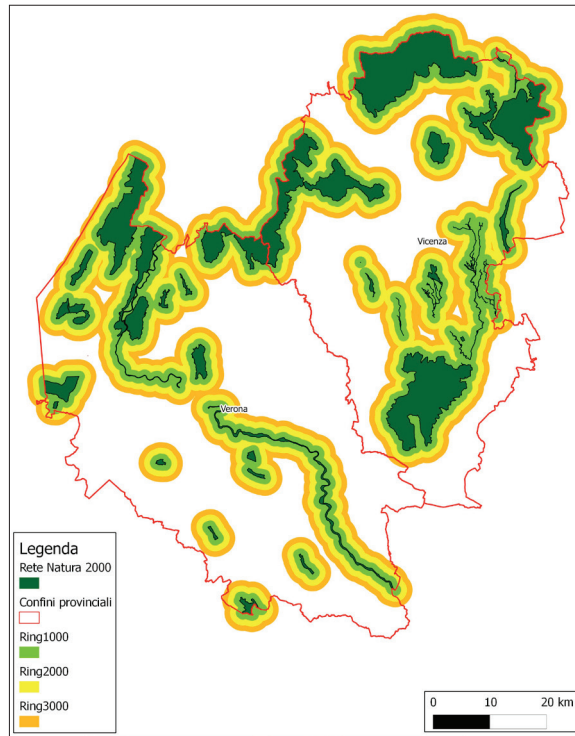



*Fig. 3 – Aree di studio per la valutazione della permeabilità ambientale*
*Fonte: Regione Veneto. Elaborazione di Tizzani, 2013.*

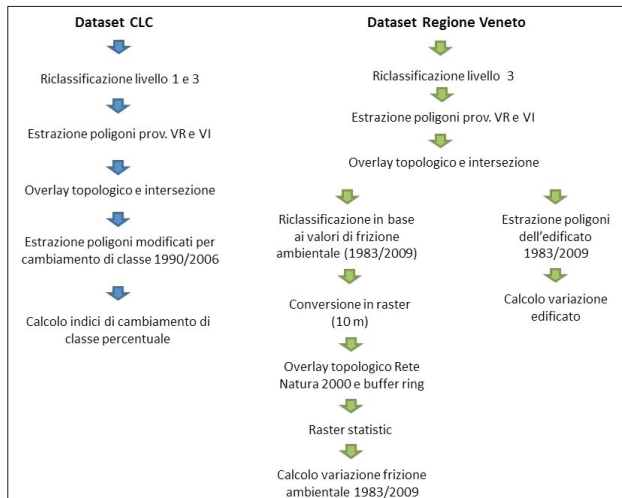



*Fig. 4 – Metodologia della ricerca*
*Fonte: elaborazione degli autori, 2013.*

# 5. Risultati dell'analisi e discussione

## 5.1 Evoluzione dell'uso del suolo in Veneto

Dal secondo dopoguerra il territorio descritto è stato interessato da un importante processo di trasformazione, spinto dall'industrializzazione dell'economia e dal diffondersi di pratiche di agricoltura intensiva.

A partire dagli anni '70 si è progressivamente ridotta la base produttiva del settore primario (Sartori e Reho, 2012, p.12[12]). La trasformazione delle strutture agricole – indotta dalla necessità di aumentare la competitività e dai cambiamenti tecnologici – ha causato una forte diversificazione in termini di specificità colturali e forestali e di qualità e quantità della produzione. Ha spinto, però, anche a non investire sui terreni agricoli e forestali meno produttivi, sui quali si è cessato di praticare attività agricole[13]. Uno sguardo ai dati censuari conferma quanto descritto. Tra il 2000 e il 2010 si registra, infatti, un calo sia della Superficie Aziendale Totale [- 13,7%[14]] sia della Superficie Agricola Utilizzata [- 4,6%[15]] (Povellato, 2013, p. 6). In concomitanza, è esplosa la domanda di suolo agricolo da convertire a fini residenziali, produttivi, commerciali e per l´incremento di infrastrutture di trasporto[16].

Il Veneto ha in effetti vissuto fasi edificatorie intense che si sono susseguite quasi senza soluzione di continuità negli ultimi quarant'anni. In un primo momento, hanno investito i capoluoghi di provincia e i comuni limitrofi della prima e della seconda cintura, che si sono saturati. Poi hanno coinvolto gli assi di congiunzione tra nodi urbani, determinando lo sviluppo di una rete di città diffusa e pervasiva (PTRC, 2005; Indovina, 2009) e ulteriori livelli di artificializzazione del suolo con un evidente degrado che mal si concilia con il bisogno di conservare risorse ed ecosistemi naturali. Nella ricerca si propone un *focus* sulla provincia di Verona e Vicenza (su dati CLC e contenuti nella banca dati della Regione Veneto sulla copertura del suolo) per aiutare a meglio cogliere la portata dell'involuzione che ha toccato la regione dagli anni '80 ad oggi.

### 5.1.1 Una lettura su dati Corine Land Cover

Il progetto europeo CLC – pur non scevro da limitazioni[17] – fornisce una banca dati georeferenziata utile per analizzare le destinazioni d'uso del suolo e i loro cambiamenti. Una comparazione tra le rilevazioni al 1990 e al 2006 poco dice sulla consistente crescita delle aree boschive e seminaturali (attraverso i fenomeni di rivegetazione di terreni agricoli abbandonati cui si è fatto cenno alla nota 13). Per indicazioni in tal senso si rimanda alla consultazione della Carta Forestale Regionale (1980-83 a scala 1:25.000 e al 2005 a scala 1:10.000) e degli Inventari Forestali Nazionali (1985 e 2005).

---

[12] La SAU è passata da 991.264,4 a 811.440 ettari del 6° Censimento del 2010.

[13] Fenomeno rilevante, soprattutto nelle aree marginali e nei piccoli nuclei abitati, e legato al problema dello spopolamento. Come sottolinea Povellato (2013, p. 10), l'accresciuto differenziale di redditività e di competitività tra aree fertili e marginali ha spinto gli agricoltori ad abbandonare le seconde. Nel tempo il fenomeno ha provocato un processo di rinaturalizzazione di terreni in precedenza coltivati e – laddove si sia optato per un uso intensivo delle risorse naturali – conseguenti problemi di alterazione dei bilanci naturali.

[14] Pari a circa 160.000 ettari in meno.

[15] Pari a circa 39.450 ettari in meno. Il calo tocca in modo significativo i prati e i pascoli, che registrano un – 23,1%. Più contenuta la diminuzione per i seminativi (- 3,6%) e le coltivazioni permanenti (- 6,1%).

[16] Per l'Italia si rimanda a: Munafò *et al*. (2011).

[17] Legate soprattutto alla sua incapacità di cogliere differenze all'interno delle categorie di uso del suolo.

Entrambe le fonti, comunque, segnalano un aumento della superficie forestale, rispettivamente del 6,6% e del 13% (Forino in Povellato, 2013, pp. 13-17). La lettura del dato CLC conferma, invece, l'aumento della superficie artificiale (solo in parte attorno ai capoluoghi) e la diminuzione di quella agricola. Entrambe le tendenze emergono in modo abbastanza netto e sottolineano l'urgenza di far fronte al problema del consumo di suolo in Veneto[18]. Nell'arco temporale coperto dal dato, infatti, la superficie modellata artificalmente è cresciuta del'11,4% (circa 15.000 ha) (Tabella 2). Particolarmente accentuate le nuove ubanizzazioni (+41%, 10.124 ha) che hanno riguardato soprattutto categorie d'uso quali: zone industriali, commerciali e reti di comunicazione.

| CLC Liv. 1 | 1990 (ha) | | | 2006 (ha) | | | 2006% | | | Variazione % 2006-1990 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Veneto | VR | VI | Veneto | VR | VI | Veneto | VR | VI | Veneto | VR | VI |
| Sup. artificiali | 134.926 | 25.352 | 24.738 | 150.304 | 29.708 | 26.562 | 8,2 | 9,6 | 9,8 | 11,4 | 17,2 | 7,4 |
| Sup. agricole | 1.068.032 | 209.001 | 134.297 | 1.054.564 | 205.222 | 132.502 | 57,3 | 66,3 | 48,7 | -1,3 | -1,8 | -1,3 |
| Territori boscati e aree seminat. | 532.634 | 56.433 | 113.097 | 534.567 | 55.865 | 113.067 | 29,0 | 18,0 | 41,5 | 0,4 | -1 | 0,0 |

*Tab. 2 – Uso del suolo in Veneto e nelle province di Verona e Vicenza. Focus sulle classi 1, 2 e 3 (livello 1 CLC)*[19]
*Fonte: Corine Land Cover. Elaborazione di L.S. Rizzo, 2013.*

### 5.1.2 Uno zoom sulle provincie di Verona e di Vicenza

L'analisi della distribuzione spaziale dei poligoni al Livello 1 CLC evidenzia mutamenti di non poco conto nel quadro paesaggistico e d'uso suolo. Anche nel caso delle due provincie esaminate, una lettura delle soglie storiche CLC (1990, 2000, 2006) mette in evidenza una particolare espansione del costruito o di attività antropiche. Il tasso percentuale relativo al costruito (classe 1) si aggira sul 9,6% per il veronese e 9,8% per il vicentino (con una variazione percentuale 2006-1990 pari rispettivamente al 17,2% e 7,4%). Questo a fronte di una contrazione degli ettari destinati ad uso agricolo (–1,8% per la provincia scaligera e di –1,3% per quella vicentina). Si è ritenuto qui valesse la pena di: a) verificare quanta parte della superficie ha cambiato destinazione d'uso; b) capire a favore e a discapito di quali classi questo sia avvenuto. Si è approfondita l'analisi sia sul periodo 1990-2006 sia sui due intervalli 1990-2000 e 2000-2006, al livello 1 e 3 della classificazione CLC. Volendo qui solo dare qualche cenno propedeutico, di inquadramento e a sostegno dei risultati specifici presentati nei paragarfi 5.2 e 5.3 – si focalizzerà solo sul periodo 1990-2006.

L'implementazione delle procedure di *overlay* topologico sul totale degli anni coperti dal database CLC rivela che il cambiamento è avvenuto soprattutto a favore della macro-classe 1 "Territori modellati artificialmente": 7.600 ettari sono andati persi, di cui 5.000 nel veronese. Il cambiamento interessa prevalentemente la classe 2 (4.940 ettari per Verona e 2.538 per Vicenza); solo in modo residuale la 3 o la 5. Per converso 2.320 ettari vanno a favore della classe 2 "Territori agricoli". Le

[18] Definibile come il "processo antropogenico che prevede la progressiva trasformazione di superfici naturali o agricole mediante la realizzazione di costruzioni e infrastrutture" (definizione data da Munafò *et al.* durante la relazione dal titolo: "Applicazione per il monitoraggio del consumo di suolo", 16a Conferenza nazionale ASITA a Vicenza, 6-9 novembre 2012).

[19] Per i livelli si veda anche: http://www.isprambiente.gov.it/files/legendacorine.pdf

classi più toccate dal mutamento in questo caso sono la 1 – in proporzioni leggermente maggiori per il vicentino – e la 3 (soprattutto nel caso della provincia scaligera) (Figura 5).

La fascia Verona/Vicenza – in particolare quella che congiunge i centri di San Martino B.A., Vago, Caldiero e San Bonifacio[20] – è esemplificativa a riguardo. Qui il territorio è stato travolto da un'attività edilizia (produttiva, viabilistica e residenziale) che ancora oggi non si ferma e riempie rapidamente gli spazi rimasti liberi: un'intricata aggregazione di *built environment* che sempre più frequentemente ingloba ambiti rurali (Robiglio, 2006; 2010, p. 6).

Quando si riscontra un mutamento di destinazione d'uso a favore della classe *Territori agricoli*, ad esempio, le sotto-classi più interessate sono la 2.1.1 *Seminativi in aree non irrigue* e la 2.4.2 *Sistemi colturali e particellari complessi*. Nel caso di Verona il fenomeno è equamente distribuito (rispettivamente il 39,1% e il 42,6% del totale degli ettari). Nel territorio vicentino, invece, il cambiamento tocca soprattutto la 2.1.1 (72,8%). Laddove si registrino cambiamenti di destinazione d'uso che interessano le classi poco sopra menzionate, questo avviene soprattutto a beneficio delle sotto-classi 1.1.2 *Tessuto urbano discontinuo* e 1.2.1 *Aree industriali o commerciali*. Il fatto conferma il *trend* a livello regionale più sopra illustrato. Nel veronese passano a queste classi, infatti, rispettivamente 1.588 e 1.707 ettari. Nel territorio vicentino, invece, 1.125 e 892 ettari. Per maggiori dettagli si rimanda alla tabella 3.

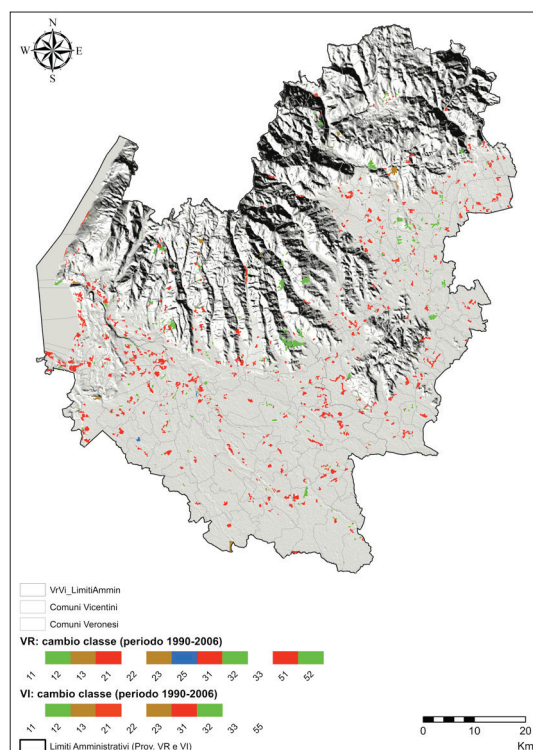



*Fig. 5 – Provincie di Verona e Vicenza: mappa dei cambiamenti di classe nel periodo 1990-2006 (livello 1) Fonte: Corine Land Cover. Elaborazione di L.S. Rizzo (la mappa riproduce in 2D e mezzo il territorio delle provincie. Al DEM si è sovrapposto lo strato informativo relativo ai poligoni che hanno cambiato destinazione d'uso nel periodo 1990-2006. Come classe "di arrivo": in rosso: territori modellati artificialmente; verde: territori agricoli; marrone: bosco e aree seminaturali; blu: corpi idrici).*

[20] Impostata su vie di comunicazione maggiori ad andamento ovest-est – l'autostrada A4, la Strada Regionale 11 e la ferrovia – e su due provinciali, a nord e a sud (rispettivamente SP37 e SP38).

| In che classi cambiano la 242 e 211 del '90 (CLC) nel 2006? | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Verona | (Da 2 a 1): "242" (code 90) in cosa cambia? | codice 2006 | Definizione | Ettari | % sul tot cambiamento "242" | Tot. ha "242" del 90 interessati dal cambiamento |
| | | 112 | Tessuto urbano discontinuo | 902,51 | 42,91 | 2.103,1 |
| | | 121 | Aree industriali o commerciali | 599,50 | 28,51 | |
| | | 122 | Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori | 0,02 | 0,00 | |
| | | 124 | Aeroporti | 15,36 | 0,73 | |
| | | 131 | Aree estrattive | 301,62 | 14,34 | |
| | | 141 | Aree verdi urbane | 89,54 | 4,26 | |
| | | 142 | Aree sportive e ricreative | 194,53 | 9,25 | |
| | (Da 2 a 1): "211" (code 90) in cosa cambia? | codice 2006 | Definizione | Ettari | % sul tot cambiamento "211" | Tot. ha "211" del 90 interessati dal cambiamento |
| | | 112 | Tessuto urbano discontinuo | 686,15 | 35,53 | 1.931,0 |
| | | 121 | Aree industriali o commerciali | 1108,08 | 57,38 | |
| | | 131 | Aree estrattive | 113,36 | 5,87 | |
| | | 142 | Aree sportive e ricreative | 23,39 | 1,21 | |
| In che classi cambiano la 242 e 211 del '90 (CLC) nel 2006? | | | | | | |
| Vicenza | (Da 2 a 1): "211" (code 90) in cosa cambia? | codice 2006 | Definizione | Ettari | % sul tot cambiamento "211" | Tot. ha "211" del 90 interessati dal cambiamento |
| | | 112 | Tessuto urbano discontinuo | 1025,72 | 55,53 | 1.847,2 |
| | | 121 | Aree industriali o commerciali | 678,11 | 36,71 | |
| | | 122 | Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori | 102,53 | 5,55 | |
| | | 131 | Aree estrattive | 40,83 | 2,21 | |
| | (Da 2 a 1): "242" (code 90) in cosa cambia? | codice 2006 | Definizione | Ettari | % sul tot cambiamento "242" | Tot. ha "242" del 90 interessati dal cambiamento |
| | | 112 | Tessuto urbano discontinuo | 99,72 | 26,12 | 381,8 |
| | | 121 | Aree industriali o commerciali | 214,14 | 56,09 | |
| | | 122 | Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori | 3,84 | 1,01 | |
| | | 131 | Aree estrattive | 64,12 | 16,79 | |

*Tab. 3 – Provincie di Verona e Vicenza: cambiamenti di classe nel periodo 1990-2006 (livello 3, CLC). Focus sulle classi del CLC 90 maggiormente protagoniste del passaggio alla classe 1 e alle sue sotto-classi Fonte: Corine Land Cover. Elaborazione di L.S. Rizzo, 2013.*

Come è noto, la presenza di superfici prative è d'aiuto in termini di conservazione del suolo e di mantenimento della bio-diversità. Si è allora voluto fare un ultimo rapido riscontro. Solo 20 ettari nel veronese[21] e circa 72 nel Vicentino passano alla sotto-classe 2.3.1 *Prati stabili*, che include quelli permanenti (oltre a quelli temporanei e le marcite). Quando si guarda Verona, l'80% circa degli ettari coinvolti nel cambiamento appartengono alle sotto-classi 3.1.3 *Boschi misti* e 3.1.1 *Boschi di latifoglie*; nel vicentino, invece, per quasi il 90% alla 1.1.2 (fatto in sé strano). Una diffusione più ampia di prati – soprattutto permanenti – sarebbe auspicabile per rendere meno vulnerabile il territorio alla perdita di servizi ecologici essenziali.

## 5.2 Risultati dell'analisi della Banca dati regionale sulla copertura del suolo (BDCS, Regione Veneto)

Anche la banca dati sulla Copertura del suolo della Regione Veneto (concessa in uso per l'analisi) permette di quantificare i *trend* cui si fa qui cenno. Rispetto al CLC il *dataset* contabilizza un numero maggiore di ettari classificati come aree artificiali: 246.999 contro 150.340. L'incidenza passa allora dall'8,2% al (più preoccupante) 13,4%, come prevedibile con valori più alti in pianura (18%) ed in particolare nel veronese e nel veneziano (Povellato, 2013, pp. 10-11). Uno sguardo alla variazione dell'urbanizzazione delle Province di Verona e Vicenza dal 1983 al 2009 rafforza quanto detto nel paragrafo 5.1.2. Nel periodo considerato il territorio antropizzato è aumentato del 28,4%. In figura 6 viene indicata la situazione dell'urbanizzazione al 2009 (tabella 4).

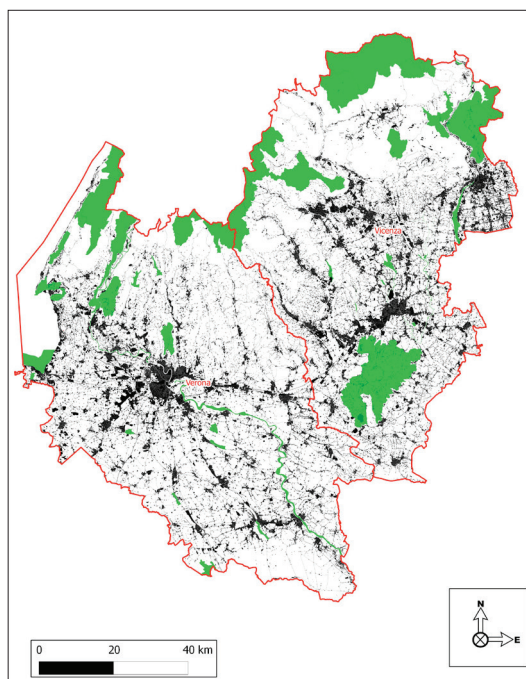



*Fig. 6 – Rete Natura 2000 e urbanizzazione delle Province di Verona e Vicenza (dati 2009)*
*Fonte: Regione Veneto. Elaborazione di Tizzani, 2013.*

[21] Questo avviene in prevalenza a nord e nella fascia prealpina.

| Anno | Antropizzato Vicenza e Verona (ha) |
|---|---|
| 1983 | 52.831,8 |
| 2009 | 67.887,5 |

*Tab. 4 – Variazione dell'urbanizzato provinciale dal 1983 al 2009.*
*Fonte: Regione Veneto. Elaborazione di Tizzani, 2013.*

## 5.3 Principali risultati del lavoro sulle Aree Natura 2000 (BDCS, Regione Veneto)

Come evidenziato in tabella 5 nei SIC la superficie antropizzata è aumentata del 17,3% nel periodo considerato. Nello stesso periodo la superficie antropizzata delle ZPS è aumentata del 18,3%.

<table>
<tr><th>Anno</th><th>SIC (ha)</th><th>Var. % 2009-1983 (SIC)</th><th>ZPS (ha)</th><th>Var. % 2009-1983 (SIC)</th></tr>
<tr><td>1983</td><td>1.085,0</td><td rowspan="2">17,3</td><td>194,5</td><td rowspan="2">18,3</td></tr>
<tr><td>2009</td><td>1.273,1</td><td>230,0</td></tr>
</table>

*Tab. 5 – Variazione dell'urbanizzato della rete Natura 2000 dal 1983 al 2009*
*Fonte: Regione Veneto. Elaborazione di Tizzani, 2013.*

Il fatto si riflette nei valori di frizione, che nel complesso delineano un quadro involutivo (Figura 7). Si nota, per fare un esempio, che nella zona morenica del Lago di Garda e in quella collinare ad est della città di Verona la classe 200 (*Seminativi*) nel 2009 è diminuita a favore della classe 100 (*Vigneto*). In queste aree si riscontra, in effetti, meno frizione. Il tutto è giustificato dalla spinta alla diffusione dei vigneti in zone DOC pregiate, cui si associa un processo di riconversione nel territorio verso forme di allevamento a spalliera, che permette la meccanizzazione totale o parziale dell'impianto (Rizzo L.S., 2010).

Per quanto riguarda la variazione della connettività ecologica delle Rete Natura 2000 dal 1983 al 2009, i risultati dell'analisi di permeabilità del territorio mediante l'utilizzo dei raster di frizione ambientale sono indicati in tabella 6.

| Area | Variazione % frizione media | Min | Max |
|---|---|---|---|
| Rete Natura 2000 | 16,30% | -23,2% | 108,9% |
| Buffer 1000 | 24,00% | 4,50% | 60,00% |
| Buffer 2000 | 25,60% | 3,80% | 65,20% |
| Buffer 3000 | 22,00% | 6,00% | 47,70% |

*Tab. 6 – Variazione della frizione media nelle zone di rispetto individuate attorno alle core areas (Natura 2000) dal 1983 al 2009*
*Fonte: Regione Veneto. Elaborazione di Tizzani, 2013.*

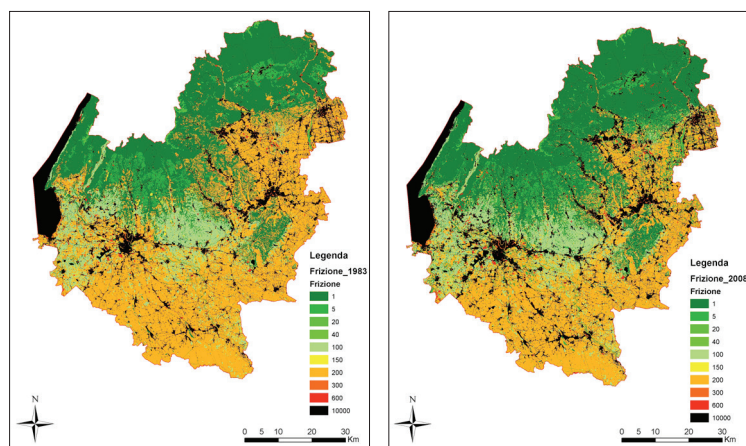



*Fig. 7 – Frizione ambientale nelle provincie di Verona e Vicenza nel 1983 e nel 2009*
*Fonte: Regione Veneto. Elaborazione di L.S. Rizzo e Tizzani, 2013.*

L'analisi evidenzia come la frizione ambientale (e dunque il costo di migrazione) dal 1983 al 2008 sia notevolmente cresciuta, in maniera minore all'interno dei siti della Rete Natura 2000 (dove in alcuni casi si registra addirittura un aumento della permeabilità stessa) ma in maniera decisamente maggiore al di fuori delle aree tutelate, con aumenti fino al 25%.

Infine, un'analisi stratificata per tipologia di SIC e ZPS (suddivisa, cioè, per zone di pianura, collina e montagna) ci fornisce informazioni su come sia variata la permeabilità in diverse fasce cui può essere attribuito anche valenza naturalistica (Tabella 7).

| Tipo | Var% SIC_ZPS | Var % B1000 | Var % B2000 | Var % B3000 |
|---|---|---|---|---|
| Pianura | 9% | 20% | 30% | 24% |
| Collina | 40% | 27% | 27% | 21% |
| Montagna | 16% | 25% | 18% | 21% |
| Totale complessivo | 16% | 24% | 26% | 22% |

*Tab. 7 – Variazione della frizione media nelle core areas (Natura 2000) e nelle zone di rispetto individuate attorno ad esse (2009-1983)*
*Fonte: Regione Veneto. Elaborazione di Tizzani, 2013.*

## 5.4 Il ruolo dell'integrità ecologica all'interno del Programma di Sviluppo Rurale 2007-2013 della Regione Veneto: cenni sugli interventi implementati e sui risultati della Misura 214

La Comunità Europea di recente (2005[22]) ha dato voce alla necessità di effettuare scelte di salvaguardia e miglioramento ambientale nei Paesi membri per valorizzare l'ambiente e lo spazio natu-

[22] Regolamento (CE) n. 1698/2005 del Consiglio del 20 settembre 2005 sul sostegno allo sviluppo rurale da parte del FEASR.

rale (Asse 2). Tale intento si è concretizzato nella richiesta agli Stati di intraprendere azioni volte a promuovere: a) l'utilizzo sostenibile dei terreni agricoli (artt. 36, 37-41) e b) la gestione sostenibile delle aree forestali (artt. 36, 42-49). L'Italia ha calato quest'obiettivo nel Piano Strategico Nazionale la cui linea 2.2 è dedicata alla biodiversità e ad attività agro-silvo-pastorali a elevata valenza naturale attraverso l'incentivazione della conservazione degli *habitat* semi-naturali (2.2.2), lo sviluppo di reti ecologiche (2.2.3), la tutela del paesaggio montano (2.2.4) e l'incentivazione della riqualificazione del paesaggio rurale (2.2.5). Ogni regione ha fatto proprie tali direttive e ha cercato di adattarle ai propri contesti territoriali. Esaminando la Regione Veneto[23], il Piano di Sviluppo Rurale del 2007-2013 affronta tali tematiche nell'asse 2 codificando i seguenti obiettivi: a) tutela del suolo (considerato come risorsa) dai principali fenomeni di degradazione (2.2), b) ottimizzazione e miglioramento della tutela delle risorse naturali e del paesaggio svolte dalle attività agricole nelle aree montane anche come presidio territoriale (2.4) e c) conservazione/valorizzazione delle aree agricole-forestali ad elevato valore naturalistico e della relativa biodiversità (2.6). Tali intenti hanno trovato sbocco nella misura 214 con le sotto-misure sintetizzate nella tabella 8.

| Sottomisura | Effetto |
|---|---|
| 214/a Corridoi ecologici, fasce tampone, siepi e boschetti | • Obiettivo 1) migliorare il grado di biodiversità del territorio rurale attraverso il potenziamento delle connessioni ecologiche e l'aumento della presenza di siti riproduttivi e di aree rifugio per la fauna selvatica.<br>• Azioni: aiuti quinquennali per conservare i corridoi ecologici, le fasce tampone, le siepi e i boschetti esistenti in ambiti di pianura e collina. |
| 214/b Miglioramento qualità suoli | • Obiettivo a) tutela delle risorse naturali e della prevenzione dal rischio di erosione dei terreni di pianura e collina attraverso il miglioramento delle caratteristiche dei suoli agricoli.<br>• Ambito territoriale ed operativo: comuni di collina secondo la classificazione ISTAT. |
| 214/c Agricoltura biologica | • Motivazione: la produzione biologica agisce positivamente sia sulla tutela della biodiversità sia sulla qualità di acqua e suolo. |
| 214/d Tutela *habitat* semi-naturali e biodiversità | • Obiettivo: aumentare o mantenere la complessità degli ecosistemi agricoli, creare o ripristinare le condizioni favorevoli per la sussistenza di specie della flora e della fauna selvatica e incrementare il grado di connettività tra gli elementi naturali.<br>• Azioni:<br>– Mantenimento biotopi e zone umide<br>– Mantenimento delle popolazioni della fauna selvatica<br>– Mantenimento dei prati ad elevato valore storico-naturalistico |
| 214/e Prati stabili, pascoli e prati-pascoli | • Obiettivo c): mantenere la biodiversità botanica e faunistica legata alle tecniche dello sfalcio, e soprattutto nell'ambiente alpino, al pascolamento nelle praterie di alta quota.<br>• Ambito territoriale ed operativo: montagna, collina e pianura. |

*Tabella 8 – Principali sottomisure della misura 214*
*Fonte: PSR 2007-2013 Regione Veneto. Elaborazione di R.G. Rizzo, 2013.*

[23] Impegnata nel delineare le strategie per il nuovo PSR 2014-2020 (www.piave.it)

A distanza di cinque anni la Regione Veneto ha valutato le azioni intraprese per quantificare gli impatti del proprio piano territoriale sull'ambiente (Agriconsulting, 2012) nel quale preme sottolineare come (tra le altre variabili[24]) vengano presi quali indicatori spia delle ricadute ambientali della *governance* territoriale legata alla biodiversità il *maintenance of HNV farmland and forestry* – collegato all'indice sintetico del valore naturalistico (calcolato in base alle unità minime territoriali) – e il *farmland bird index* (interessante, anche se non riguarda gli ungulati). Soffermandosi sul primo, al 2012 la superficie agricola coinvolta da pratiche/sistemi compatibili con le aree agricole HNV è di 69.690 ettari sui 134.000 di SAU, il 37% delle quali in ambito montano, il 25% collinare e il 38% pianeggiante (Regione Veneto, 2012, pp. 57-61). Una maggiore presenza di siepi e boschetti nelle aree agricole a seminativi ha avuto conseguenze positive sulla biodiversità, come evidenziato da una crescita del *farmland bird index* (che misura l'abbondanza di specie diverse di uccelli) (Regione Veneto, 2012, pp. 57-63). Questo ha contribuito a spingere sull'adozione di pratiche che portano allo stesso tempo a miglioramenti nei quadri paesaggistici, in particolar modo nelle aree rurali confermando il valore che la Regione attribuisce alla categoria concettuale "paesaggio" (Regione Veneto, 2012, pp. 67-72[25]). Si ricorda qui che a fronte di 2.323 domande presentate per la 214A ("Corridoi ecologici, fasce tampone, siepi e boschetti") ne sono state finanziate (dic. 2011) 2.240 per una superficie sovvenzionata pari a 2.519 ettari (solo il 4% del totale "coperto" dalla misura). La 214E, invece, appare più impattante avendo interessato 51.233 ettari (il 79% del totale) (Agriconsulting, 2012, p. 261).

## 6. Conclusioni

*Pianificazione territoriale e strategic assessment* – L'indagine documentaria, la produzione normativa e i confronti con gli addetti ai lavori rilevano come in Veneto il *policy-making* stia recependo la necessità di limitare il consumo di suolo e di territorio non urbanizzato (PDL n. 137 "Misure per il contenimento dell'impermeabilizzazione del suolo", Settima Commissione Consiliare 2011; Sartori e Reho, 2012; Regione Veneto, 2013, pp. 16-17). Nella Variante parziale al Piano Territoriale Regionale di Coordinamento si sottolinea, inoltre, l'importanza della conservazione della biodiversità puntando all'istituzione del sistema della rete e dei corridoi ecologici (artt. 24 e 25). Il nesso tra i due aspetti appare allora stringente. Va meglio capito (e studiato), tuttavia, come questo si va traducendo in piani di coordinamento provinciale, in piani comunali (PAT e PATI) e in quelli sovra-comunali di ambito paesaggistico, per lo più in via di attuazione. Se la propensione alla difesa e al rispetto del territorio e della natura assume un ruolo così cogente, analisi come quella qui presentata trovano spazio e meritano approfondimenti per mezzo di ulteriori applicazioni. Per i risvolti geografici e spaziali delle problematiche discusse, infatti, rappresentano uno strumento efficace a supporto di politiche più *evidence-based* che sappiano interrompere trend preoccupanti (come quelli illustrati nel *paper*). Le misure implementate, ad esempio dal PSR, vanno nella direzione giusta. Ci si chiede se – per importi e portata effettiva – non siano sottodimensionate rispetto alle esigenze (si pensi alla misurra 214A).

*Qualche implicazione sul tema sicurezza* – A chiusura e riportandoci solo al tema specifico esaminato (il rapporto tra antropizzazione e permeabilità animale), si sottolinea come l'alterazione della connettività ambientale – oltre alle ripercussioni sulla conservazione della biodiversità affrontate nel presente lavoro – presenta risvolti connessi a problematiche più pratiche quali la sicurezza stradale. La frammentazione degli *habitat*, infatti, non solo isola le popolazioni animali ma, nel caso specifico

[24] Ad esempio la riduzione dei carichi e del surplus di azoto nei suoli, la valutazione dell'uso di fitofarmaci, l'uso delle fasce tampone boscate per rimuovere l'azoto, ecc.

[25] Si pensi, a titolo di esempio, alla corretta manutenzione dei prati e/o dei prati-pascoli.

degli ungulati, ostacola gli spostamenti di queste specie sul territorio. Naturale conseguenza di questa situazione è il documentato aumento della collisione con animali selvatici sulla rete stradale, con notevoli danni a persone e autoveicoli (a titolo di esempio: 351 incidenti in Provincia di Belluno, sempre in Veneto, dovuti alla collisione di un autoveicolo con un ungulato – dati 2011).

## Bibliografia

AA.VV. (2006), Fauna selvatica e attività antropiche: una convivenza possibile, Atti del convegno, Regione Piemonte – Assessorato Agricoltura Tutela della fauna e della flora – Osservatorio regionale sulla Fauna selvatica, Torino 3 aprile 2006.

Agriconsulting (2102), Valutazione in itinere del Programma di Sviluppo Rurale 2007-2013 della Regione Veneto. Aggiornamento della Relazione di Valutazione Intermedia, Regione del Veneto – Direzione Piani e Programmi, rev. 1.

ARPAV e ISPRA (a cura di) (2010), Carta della Natura del Veneto alla scala 1:50.000, Rapporti, 106, ISPRA, Roma.

Battisti C. (2004), Frammentazione ambientale, connettività, reti ecologiche. Un contributo teorico e metodologico con particolare riferimento alla fauna selvatica, Provincia di Roma, Assessorato alle Politiche Ambientali, Agricoltura e Protezione Civile, Roma.

Biondi E., Catorci A., Pandolfi M., Casavecchia S., Pesaresi S., Galassi S., Pinzi M., Vitanzi A., Angelini E., Bianchelli M., Cesaretti S., Foglia M., Gatti R., Morelli F., Paradisi L., Ventrone F. e Zabaglia C. (2007), Il Progetto di "rete ecologica della Regione Marche" (REM): per il monitoraggio e la gestione dei siti Natura 2000 e l'organizzazione in rete delle aree di maggiore naturalità, "Fitosociologia", 44, 2, suppl. 1, pp. 89-93.

Blondel J. and Aronson J. (1999), Biology and wildlife of the Mediterranean region, Oxford University Press, Oxford, UK.

Bondesan A., Caniato G., Vallerani F. e Zanetti M. (a cura di) (2000), Il Piave, Cierre Edizioni, Sommacampagna (VR).

Bonora N., Munafò M., Chirici G. e Marchetti M. (a cura di) (2010), Analisi conclusive relative alla cartografia Corine Land Cover 2000, Rapporti, 130, ISPRA, Roma.

Bonora P. (a cura di) (2013), Atlante del consumo di suolo. Per un progetto di città metropolitana, Baskerville, Bologna.

Brooker L. Brooker M. and Cale P. (1999), Animal dispersal in fragmented habitat: measuring habitat connectivity, corridor use, and dispersal mortality, "Conservation Ecology" [online], 3(1).

Centro di Ricerca sui Consumi di Suolo (CRCS) (2010), Rapporto 2010, INU-Legambiente-DiAP, Roma.

Chandrashekara U. M. and Sankar S. (1998), Ecology and management of sacred groves in Kerala, India, "Forest Ecology and Management", 112, pp.165-177.

Covas R. and Blondel J. (1998), Biogeography and history of the Mediterranean bird fauna, "Ibis", 140, pp. 395-407.

Direttiva 92/43/CEE del Consiglio del 21 maggio 1992 "Conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatica ".

DIRETTIVA n. 79/409/CEE del Consiglio del 02 aprile 1979 "Concernente la conservazione degli uccelli selvatici".

ERVIN J. (2003), Protected area assessments in perspective, "BioScience", 53, pp. 819-822.

FALCUCCI A., MAIORANO L., BOITANI L. (2007), Changes in land-use/land-cover patterns in Italy and their implications for biodiversity conservation, "Landscape Ecology", 22, pp. 617-631.

FORINO G. (2013), Priorità 4: Preservare, ripristinare e valorizzare gli ecosistemi dipendenti dall'agricoltura e dalle foreste. Salvaguardia della biodiversità e ripristino del paesaggio (Focus area 4a) in POVELLATO A. (a cura di) (2013), Rapporto di analisi per la priorità 4 e 5 del PSR Veneto 2014-2020, INEA sede regionale per il Veneto, pp. 13-17 in http://piave.veneto.it (data di ultima consultazione 23.11.2013).

GARDI C., MONTANARELLA L. PALMIERI A. e MARTINO L. (2010), La difficile quantificazione del consumo di suolo in Europa, in A. Arcidiacono, D. Di Simine, F. Oliva, S. Pareglio, P. Pileri e S. Salata (a cura di), Rapporto 2010 CRCS, INU Edizioni, pp. 26-35.

GUCCIONE M. e SCHILLECI F. (a cura di) (2010), Le reti ecologiche nella pianificazione territoriale ordinaria. Primo censimento nazionale degli strumenti a scala locale, Rapporti, 116, ISPRA, Roma.

GURRUTXAGA M., LOZANO P.J., DEL BARRIO G. (2010), GIS-based approach for incorporating the connectivity of ecological networks into regional planning, "Journal for Nature Conservation", 18, pp. 318-326.

LAVOREL S., CANADELL J., RAMBAL S. and TERRADAS J. (1998), Mediterranean terrestrial ecosystems: research priorities on global change effects, "Global Ecology Biogeography Letters", 7, pp. 157-166.

MALAGHESI S., BAIOCCO F., MARINOSCI I. e MUNAFÒ M. (2012), Un'applicazione per il monitoraggio del consumo di suolo, 16a Conferenza Nazionale ASITA, Vincenza 6-9 novembre 2012, pp. 913-918.

MCKINNEY M.L. (2002), Urbanization, Biodiversity, and Conservation, "Bioscience", 52, pp. 883-890.

ID. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization, "Biological Conservation", 127, pp. 247-260.

MUNAFÒ M., STROLLO A., ZITTI M. e SALVATI L. (2011), *Soil Sealing* e *Urban sprawl* nei territori in transizione: una prospettiva italiana, "Rivista Geografica Italiana", 118, 2, pp. 269-296.

MYERS N., MITTERMEIER R.A., MITTERMEIER C.G., DA FONSECA G.A.B. and KENT J. (2000), Biodiversity hotspots for conservation priorities, "Nature", 403, pp. 853-858.

PATTHEY P. (2003), Habitat and corridor selection of an expanding red deer (*Cervus elaphus*) population, Ph.D thesis, Institute of Ecology, University of Lausanne.

PIANO TERRITORIALE REGIONALE DI COORDINAMENTO (2005), Questioni e lineamenti di progetto, Regione del Veneto, Venezia.

POVELLATO A. (a cura di) (2013), Rapporto di analisi per la priorità 4 e 5 del PSR Veneto 2014-2020, INEA sede regionale per il Veneto in http://piave.veneto.it (data di ultima consultazione 23.11.2013).

REGIONE VENETO (2013), PTRC. Variante parziale con attribuzione della valenza paesaggistica. Allegato B4 Dgr. N. 427 del 10/04/2013 – Norme tecniche.

RIZZO L.S. (2009), IT: da ausilio tecnico gestionale a fattore di cambiamento territoriale. Un caso emblematico nella filiera viticola del Veneto occidentale, in G. CORNA PELLEGRINI e M. PARADISO (a cura di), Nuove comunicazioni globali e nuove geografie, CUEM, Milano, pp. 237-254.

RIZZO L.S., RIZZO R.G. (2010), Un modello di lavoro per lo studio dell'*upgrading* tecnologico del vigneto nel Veneto occidentale: Connettività degli attori e mappatura su dati AVEPA integrati con rilevamento speditivo e qualitativo, Proceedings of the VIII International Terroir Congress, June 14th-18th 2010, Soave (VR), Italy vol. 2, 6, OIV/CRA-VIT/*et al.*, pp. 47-57.

RIZZO L.S., RIZZO R.G., TIZZANI P. (2012), Consumo del suolo, antropizzazione, alluvioni e reti ecologiche. Alcune considerazioni di metodo, 16a Conferenza Nazionale ASITA, Vincenza 6-9 novembre 2012, pp. 1141-1149, www.asita.it.

ROBIGLIO C. (2006), VeronaEst. Le attività economiche e il territorio. Approcci e metodi per lo studio di territori complessi, ABC. Studi Editore, Verona.

ID. (2010), La viticoltura veneta in un contesto di città e industria diffusa. Per una lettura integrale del paesaggio della collina pedemontana veronese orientale, Proceedings of the VIII International Terroir Congress, June 14th-18th, 2010 Soave (VR) Italy, vol. 2, 8, OIV/CRA-VIT/*et al.*, pp. 54-65.

INDOVINA F. (2009), Dalla città diffusa all'arcipelago metropolitano, Milano, Angeli.

SALA O.E., CHAPIN F.S. III, ARMESTO J.J., BERLOW E., BLOOMFIELD J., DIRZO R., HUBER-SANWALD E., HUENNEKE L.F., JACKSON R.B., KINZIG A., LEEMANS R., LODGE D.M., MOONEY H.A., OESTERHELD M., POFF N.L., SYKES M.T., WALKER B.H., WALKER M. and WALL D.H. (2000), Global biodiversity scenarios for the year 2100, "Science", 287, pp. 1770-1774.

SAMGUCINI V., MARINOSCI I., BONORA N., CHIRICI G. (2010), La realizzazione in Italia del progetto Corine Land Cover 2006, Rapporti, 131, ISPRA, Roma.

SARTORI G. e REHO M. (2012), Le superfici agricole in Veneto. Aggiornamento statistico e implicazioni territoriali dell'uso del suolo, "Veneto tendenze" – Consiglio Regionale del Veneto – Unità Complessa Studi, Documentazione e Biblioteca, 3.

SCHULLERY P. (1997), Searching for Yellowstone: ecology and wonder in the last wilderness. Houghton Mifflin, Boston, Massachusetts, USA.

SETTIMA COMMISSIONE CONSILIARE (2011) (a cura di), Raccolta normativa e documentale in materia di impermeabilizzazione del suolo. PDL n. 137: "Misure per il contenimento dell'impermeabilizzazione del suolo", Consiglio Regionale del Veneto IX Legislatura, Venezia.

TURRI E. e RUFFO S. (a cura di) (1992), L'Adige: il fiume, gli uomini, la storia, Cierre Edizioni, Sommacampagna (VR).

VALLEJO R., ARONSON J., PAUSAS J.C. and CORTINA J. (2005), Restoration of Mediterranean woodlands, in J. VAN ANDEL, and J. ARONSON (eds.) Restoration ecology: a European perspective. Blackwell Science, Oxford, UK, pp. 193-207.

ZUNICA M. (a cura di) (1981), Il territorio della Brenta, Provincia di Padova e Università di Padova, Padova.

# INNOVAZIONE DIGITALE NELLA GESTIONE DEL TERRITORIO. GIS E WEBGIS TRA SEMPLIFICAZIONE E SBUROCRATIZZAZIONE

# *DIGITAL INNOVATION IN LAND MANAGEMENT. GIS AND WEBGIS: SIMPLIFYING AND UNDOING RED TAPE*

**Giuseppe Scanu*, Cinzia Podda**, Barbara Spanu*****

## Riassunto

Gli ostacoli dovuti all'eccesso di burocrazia nell'avvio delle nuove imprese hanno ormai raggiunto livelli insostenibili per via delle conseguenze negative sulle attività economiche e molteplici sono le voci che da più parti ne chiedono la rimozione. Cosa tutt'altro che facile, visto il radicamento di antiche consuetudini e procedure all'interno della pubblica amministrazione, tuttavia improcrastinabile se si vuole facilitare la ripresa della competitività e attrarre nuovamente investimenti e investitori dall'estero. La "sburocratizzazione" è così divenuta un vero e proprio cavallo di battaglia politica e gli ultimi governi hanno varato diversi provvedimenti legislativi volti a favorire l'introduzione delle procedure digitali sia nei rapporti tra soggetti pubblici sia tra questi e i privati: la digitalizzazione della PA è ritenuta la base della nuova efficienza amministrativa. Relativamente ai dati territoriali il discorso diviene però più complesso per via della loro componente geografica che richiede un impegno maggiore sotto il profilo organizzativo e strutturale. D'altro canto, i recenti riferimenti normativi impongono vincoli sulla loro produzione e libera circolazione, nell'intento di favorire lo scambio e l'interoperabilità e consentirne la libera fruibilità. Si richiede, pertanto, un approccio diverso per la loro gestione e l'adozione di tecniche e strumenti basati necessariamente sui GIS e sugli webGIS, da intendersi come base di riordino e standardizzazione del dato il primo e come veicolo di distribuzione e di interfaccia tra utenti e produttore-utilizzatore il secondo. Osservare come il supporto del GIS può favorire un buon livello di efficienza amministrativa e migliorare il rapporto con i cittadini e le imprese, soprattutto in quegli apparati della PA cui questi si rivolgono pressoché quotidianamente – i comuni – è l'obiettivo del presente contributo.
***Parole chiave***: Snellimento amministrativo, gestione digitale dei dati territoriali, GIS e web GIS

## *Abstract*

*The obstacles due to excess bureaucracy hindering the start up of new businesses have now reached unacceptable levels given the negative consequences on economic activities. Thus, there is a*

* Dipartimento di Storia, Scienze dell'Uomo e della Formazione, Università di Sassari, Piazza Conte di Moriana 8, 07100 Sassari, tel. 079 22963678, fax 079 229680, e-mail, gscanu@uniss.it

** Laboratorio di Cartografia «Pasquale Brandis», Università di Sassari, Piazza Conte di Moriana 8, 07100 Sassari, tel. 079 229746, fax 079 229680, e-mail, cpodda@uniss.it

*** SSAST SrL, Via Casula 7, 07100 Sassari, Tel. 0794127871, fax 079 295999; e-mail barbara.spanu@ssast.it

I paragrafi 1 6 e 7 sono a cura di G. Scanu; quelli con il numero 3 e 5 di C. Podda e quelli numero 2 e 4 di B. Spanu mentre la premessa, l'impostazione e la ricerca bibliografica sono comuni a tutti.

*growing chorus of demand from all sides for their removal. This, however, is far from easy given the deep- rooted habits and procedures of old within public administration. Nonetheless, the issue cannot be ignored any longer if we wish to facilitate the comeback of our competitiveness and attract foreign investments and investors once again. 'De-bureaucratization' has thus become a true political crusade and recent governments have enacted various legislative measures which aim to favour the introduction of digital procedures to the interaction between public entities as well as that between public and private bodies: digitalization of Public Administration is seen as the basis of new administrative efficiency. As concerns land data, the matter is more complex given the data's geographical component, which requires greater organizational and structural efforts. Then again, recent norms impose restrictions on the production and open circulation of such data in order to favour exchange and interaction and allow free usability. Therefore, a different approach is required for the management of this data as well as the adoption of techniques and tools necessarily based on GIS and webGIS, the former as a means of restructuring and standardizing data; the latter as an avenue for distribution and interface between users and producers-users. The aim of this paper is to observe how GIS can foster a good level of administrative efficiency and improve the relationship with citizens and businesses, above all in Public Administration structures which are used almost daily such as municipalities.*

**Keywords***: administrative streamlining, digital management of land data, GIS and Web GIS*

## 1. Premessa

Sul rapporto tra i cittadini e la pubblica amministrazione italiana esiste una fiorente letteratura i cui trascorsi affondano nella storia, denotando come il problema della burocrazia, ovvero del farraginoso, lungo e complesso dipanarsi nei meandri delle procedure cui sono sottoposte le istanze dei cittadini e delle imprese, sia un annoso, complicato e pesante quanto insormontabile fardello. Una fiorente e diversificata letteratura che spazia dalla saggistica alla ricerca pura, dal documentarismo all'informazione sui mass media, alla satira giornalistica pseudo – politica; gli stessi autori hanno avuto la possibilità di dibattere dell'argomento in occasione della Conferenza ASITA di Vicenza (Scanu e Podda, 2012).

L'argomento appare oggi di particolare interesse nello scenario che si sta prospettando in Italia per quanto concerne la gestione digitale dell'informazione territoriale, alla luce del sempre più crescente successo del cosiddetto open data e in vista della creazione della grande infrastruttura dei dati da agganciare a quella europea in applicazione dei dettami della direttiva INSPIRE. Recepita anche nel nostro paese, la decisione dell'Unione impone una svolta epocale nella riorganizzazione degli archivi dei dati prodotti e detenuti dai soggetti pubblici al fine di favorire l'interscambio, l'interoperabilità e la libera circolazione sia negli enti pubblici sia tra questi e i privati. Il vero nodo della questione è però rappresentato dalla farraginosa articolazione dell'apparato amministrativo italiano, organizzato in una serie di strutture ed enti vincolati da procedure burocratiche che lasciano poco spazio alla repentina attuazione di un qualsivoglia dispositivo normativo, ancorché perentorio e cogente, necessitando di tutta una serie di passaggi a monte che, sovente, finiscono con il vanificare, se non rendere desueto o inadeguato, lo spirito innovatore messo in essere dal legislatore. Il dato territoriale, per altro, è di per sé non semplice da trattare per via della sua duplice configurazione nella versione digitale, in quanto la componente spaziale e quella tabellare o alfanumerica richiedono l'adozione di tecniche e tecnologie basate sui sistemi informativi geografici, piuttosto che su elaborazioni meno strutturate tipo CAD. I GIS, infatti, sono oggi ritenuti gli strumenti più adeguati e in qualche modo indispensabili per rendere omogenea e trasferibile l'informazione geografica strutturata, compresa l'interoperabilità e, soprattutto, la circolazione sul web. Ma garantire l'utilizzo dei GIS, o meglio ancora degli web GIS, è un aspetto che pone non pochi problemi, a iniziare dalla fornitura e strutturazione delle piattafor-

me in tutti gli uffici pubblici, a prescindere dalle tipologie, aperte o proprietarie, per proseguire poi con la formazione dei dipendenti e, non da ultimo, la conversione del formato dei dati esistenti: da quello cartaceo o digitale bidimensionale (nella classica strutturazione gestita da programmi CAD) a quello shape utilizzato dai GIS. In una pubblica amministrazione, il passaggio dalla gestione cartacea, come finora avvenuto e consacrato da lustri di esperienza, a quella digitale, con l'introduzione dello sportello telematico al posto di quello diretto tra utente e funzionario, comporta un lavoro di grande impegno non solo organizzativo, che va dalla ristrutturazione delle postazioni di lavoro alla formazione degli operatori, dalla creazione degli archivi digitali alla trasformazione di quelli storici, edilizi, urbanistici, delle reti e dei servizi, ma anche finanziario, in un momento non proprio facile sotto questo profilo.

## 2. L'inderogabile innovazione della pubblica amministrazione

Uno degli aspetti più problematici del rapporto tra la pubblica amministrazione e il cittadino in questi ultimi anni è senza dubbio il tempo occorrente per l'espletamento di una pratica che ancora comporta, salvo alcune recenti introduzioni relativamente alle attività produttive, la tradizionale presenza allo sportello-ufficio dell'utente per la richiesta di documenti e certificati o per presentare pratiche, istanze e progetti. Con l'adozione del SUAP da parte di tutti gli sportelli comunali, grazie al quale è possibile richiedere il rilascio delle autorizzazioni concernenti le attività produttive, si è di fatto sperimentata la possibilità di eliminare le lungaggini e i costi per entrambe le parti connesse con le vetustà delle procedure: da una parte per il personale impegnato a ricevere le richieste, sovente con lunghe e defatiganti code soprattutto nei periodi di scadenze comuni; dall'altra per lo spostamento necessario a presentare l'istanza e/o per ritirare l'esito. Una tradizione che sembrerebbe avviata a divenire uno storico ricordo che a breve potrebbe essere sostituita da procedure nuove, come metodo e come approccio, assolutamente innovative per un paese ad elevato livello di burocratizzazione come l'Italia, anche se l'esperienza del SUAP ne rappresenta un esempio importante sia pure minimale. Lo scenario che si sta prospettando e di cui nel presente contributo si vogliono osservare alcuni aspetti territoriali, potrebbe fare approdare il nostro paese tra quelli più virtuosi sotto questo profilo, con livelli di efficienza nei rapporti tra amministrazione e cittadino-utente che, a completamento avvenuto e con il supporto della banda ultra larga, sarebbero tra i migliori al mondo. Proprio l'eliminazione del *digital divide* attraverso l'estendimento della banda ultra larga, o comunque la possibilità di garantire l'accesso gratuito e veloce a internet in maniera diffusa è tra le iniziative strutturali seguite politicamente con maggiore attenzione e a cui sono state destinate importanti risorse reperite anche con l'utilizzo di fondi comunitari. Dei problemi dell'ammodernamento digitale della pubblica amministrazione si discute ormai da tempo e da oltre un decennio si guarda alla sburocratizzazione come a un elemento di vitale importanza per la crescita del Paese, con un nuovo ministero creato appositamente per promuovere l'innovazione, cui hanno fatto seguito risultati che, pur non avendo portato a compimento l'intero processo di riordino e snellimento burocratico, ha finora prodotto validi risultati, ponendo nel contempo le basi per lo sviluppo del processo di filiera, divenuto ormai non più derogabile. Nell'accelerazione di questo percorso sono stati senza dubbio determinanti la diffusione di internet e la consapevolezza della globalizzazione come processo ormai irreversibile, il potenziamento delle reti e della velocità di trasmissione dei dati così come il successo ottenuto nell'ultimo periodo dai *Big data*, l'impegno nella ricerca profuso dai vari colossi dell'informatica e la conseguente accelerazione nell'innovazione dell'ITC che ha generato diverse evoluzioni della cosiddetta rivoluzione digitale: si pensi, ad esempio, allo sviluppo dei social network, alla diffusione dei WebGIS, al cosiddetto *web 2.0* (ora quasi *web 3.0* mentre si affaccia il *4.0*), alla messa in campo di

potenti e sofisticati mezzi di visualizzazione geografica, al successo mondiale delle "tavolette", tablet e smartphone con GPS integrato e alle realtà aumentate ottenibile con semplici App scaricabili liberamente, ecc. La generale tendenza verso la ricerca di tecnologie sempre più competitive nel campo dell'acquisizione e diffusione dell'informazione geografica, entrata prepotentemente nelle attività quotidiane dei cittadini comuni, sembra ormai essere la caratterizzazione dominante delle società evolute dell'inizio di questo nuovo secolo. In un paese come il nostro, da considerare non in ritardo sotto il profilo informatico, seppur con dei *gap* da recuperare, appare evidente come il problema del generale miglioramento dei processi che coinvolgono la quotidianità del cittadino, a partire dai rapporti con la pubblica amministrazione, laddove molto dipende dalla digitalizzazione di procedure e di pratiche, non si può non intravedere dei percorsi di ampliamento di queste tecnologie di corto respiro, pur nella consapevolezza delle difficoltà strutturali, operative e logistiche che una rivoluzione culturale di tale portata necessariamente comporta. E che il problema dell'adozione delle tecnologie digitali a tutti i livelli della pubblica amministrazione, compreso quindi anche quello territoriale, sappia molto di "rivoluzione culturale" se si pensa al cambio radicale di approccio e di mentalità da adottare da parte degli apparati amministrativi, soprattutto laddove le funzioni sono espletate da personale non più giovane o giovanissimo, è stato giustamente sottolineato dal Ministro per la pubblica amministrazione e la semplificazione del precedente governo, Filippo Patroni Griffi, quando ha osservato che *"Le norme sono importanti, ma non bastano. Occorre anche cambiare la cultura e i comportamenti quotidiani. Per i cittadini e le imprese conoscere le nuove semplificazioni è essenziale per far valere i propri diritti".*

## 3. Nuove prospettive di gestione del rapporto tra cittadino e PA

A prescindere dai trascorsi storici che hanno visto più volte affrontare in Parlamento il problema dello snellimento burocratico, con la produzione di proposte e intenti purtroppo mai attuati e sempre ripresi dalle legislature successive, in tempi recentissimi, dal momento in cui l'esigenza di innovazione della PA è divenuta non più derogabile dal punto di vista politico, sono stati diversi i tentativi effettuati per avviare questo processo e alcuni risultati, lungi dal considerarsi soddisfacenti, sono stati comunque raggiunti. Su questo non poco ha influito la creazione del Centro Nazionale per l'Informatizzazione della Pubblica Amministrazione (CNIPA), che ha avviato il processo di omogeneizzazione della produzione dei dati territoriali tra organismi pubblici, poi trasformatosi nel più moderno "digitPA", in attuazione del decreto legislativo del 1 dicembre 2009 n. 177, introducendo indirizzi da cui sono derivati precisi riferimenti normativi. Il percorso dell'innovazione della PA, a partire dalla sua digitalizzazione, appare comunque non facile e irto di ostacoli soprattutto se si pensa, come si accennava, all'atteggiamento in parte negativo del personale direttamente interessato, spesso refrattario, se non addirittura resiliente, all'introduzione di modifiche strutturanti del percorso lavorativo per il timore di compromettere status acquisiti e rendite di potere derivate da posizioni consolidate. Sta di fatto che il problema della modernizzazione della PA (da più parti, ormai, il termine modernizzazione viene fatto coincidere con digitalizzazione), tutto sommato ben avviato seppure lungi dal completamento, viene ritenuto di natura strategica per la ripresa economica e della competitività del sistema Paese. Gli ultimi due governi, alle prese con i problemi legati alla crisi strutturale in cui versa la nostra economia e della *spending review*, nella definizione delle strategie per la crescita della produzione e dello sviluppo, consapevoli del peso eccessivo esercitato dalla burocrazia nell'attrarre investitori, nell'avvio di nuove attività imprenditoriali e nella competizione per il miglioramento di quelle esistenti, ha ritenuto il problema della digitalizzazione della PA una delle priorità, supportata dall'adozione di provvedimenti strutturanti come l'eliminazione del *digital divide*, di cui si è appena detto e Digitalia, l'agenda

digitale italiana, sulla scia di quella europea, nonostante i ritardi nel varo dei provvedimenti operativi. Occorre comunque sottolineare che oltre ai tentativi di mettere a regime Digitalia, alcune iniziative sono state già adottate e hanno dato dei buoni risultati, come il decreto "Semplifica Italia", poi tradotto nella legge n. 35 del 4 aprile del 2012, con il quale viene resa obbligatoria l'acquisizione d'ufficio delle informazioni già in possesso delle amministrazioni estesa a diverse "certificazioni" (dall'anagrafe e stato civile alla regolarità contributiva e all'antimafia): i risultati stimati per il solo primo anno di applicazione, secondo le previsioni del Ministero per la PA e la Semplificazione, mettono in evidenza cifre ragguardevoli denotando la validità del provvedimento: 24 milioni di certificati in meno con un calo, nei primi 4 mesi, del 37 % di certificati di stato civile e del 54 % di quelli anagrafici. Cifre che divengono da record se si pensa al soprarichiamato eccesso di burocrazia, le quali consentono di intravedere una buona possibilità di successo in tutto il percorso innovatore, preludio degli importanti passi in avanti annunciati a favore delle imprese, come lo sportello unico per l'edilizia, la dichiarazione unica ambientale per le Pmi e così via. Si tenga inoltre presente che le nuove tessere sanitarie, regionali o nazionali, si vanno configurando come vere e proprie carte di servizi dotate di apposito PIN personalizzato le quali, come di fatto avviene in alcune Regioni (ad esempio la Lombardia), consentono il dialogo telematico diretto tra amministrazione e cittadino, quest'ultimo riconosciuto formalmente dalla firma telematica o dal PIN della tessera. L'attivazione di Digitalia, il progressivo estendimento della banda ultra larga e l'introduzione dell'*e-government* in alcuni settori strategici, come la sanità e l'università, appaiono essere le azioni politiche più strutturanti per stimolare la ripresa e rilanciare la crescita economica, recuperando quel pauroso ritardo nella modernizzazione della PA ritenuto una delle principali cause del nostro svantaggio competitivo nel contesto europeo e internazionale. E' sufficiente, a questo proposito, uno sguardo alla classifica della Banca Mondiale relativa al 2012 per osservare che l'Italia è all'87° posto (l'anno precedente era al n. 83) tra i vari paesi del mondo per la "facilità di fare impresa"; al 77° posto (ma in netto peggioramento) per snellezza e costi necessari per avviare un'attività; al 93° per la facilità nell'ottenere permessi di costruzione per cui, secondo una stima del Sole 24Ore, occorrono almeno "285 giorni e un costo triplo rispetto alla media dei paesi avanzati" (Il Sole, n.288, 19.8.2012, p. 10). Da ciò l'esigenza, sollecitata anche dall'Unione Europea, di adeguare la nostra PA alle esigenze pressanti di semplificazione e migliorare il livello di soddisfazione dei cittadini portando il livello di workflow a standard di qualità elevati.

## 4. Innovare la gestione del territorio

Se è vero che gli ultimi anni, anche su sollecitazione europea (si veda, ad esempio, la Comunicazione della Commissione europea COM/2010/0245 definitivo/2 del 26 agosto 2010), hanno segnato importanti passi in avanti nella creazione dei presupposti per la digitalizzazione della PA, è anche vero che per quanto concerne il territorio, o meglio la gestione dei dati territoriali, il problema è stato posto con maggiore determinazione dalla direttiva 2007/2/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 marzo del 2007, che istituisce una infrastruttura per l'informazione territoriale all'interno dell'Unione. Sulla base di tale direttiva, meglio nota come INSPIRE (*INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe*) i paesi membri devono provvedere a riorganizzare i dati territoriali prodotti dai soggetti pubblici stabilendo indirizzi comuni e adottando procedure condivise, tali da poter essere scambiati e resi disponibili anche ai cittadini attraverso portali e repertori dedicati. Ma già dal 2005, con l'art. 59 dedicato ai dati territoriali, il decreto legislativo 7 marzo n. 82, meglio noto come Codice dell'Amministrazione Digitale o CAD, poi integrato e novellato con il decreto legislativo 30 dicembre 2010 n. 235 e n. 221 del 17 dicembre del 2012, si era avviata una grande opera di riordino dei dati geografici delle pubbliche amministrazioni, nella consapevolezza del ruolo che esse possono e devo-

no svolgere per il raggiungimento degli obiettivi istituzionali, grazie al supporto dei GIS. Con l'avvallo dell'allora CNIPA, oggi DigitPA, recependo gli indirizzi forniti al Comitato per le Regole Tecniche sui Dati Territoriali delle Pubbliche Amministrazioni dai vari gruppi di lavoro con cui ha operato, tra cui Intesa GIS, si definirono le specifiche tecniche per la produzione delle ortofoto digitali, la formazione dei database topografici e l'applicazione dello standard ISO 19115:2003 ai dati territoriali. Il 27 gennaio del 2010 veniva approvato il decreto legislativo n. 32, di recepimento anche nel nostro paese della direttiva INSPIRE, che può essere considerato il vero e importante passo verso l'adozione di innovazioni, in senso strutturante, da parte delle pubbliche amministrazioni in vista della realizzazione dell'infrastruttura europea dei dati geografici. Vennero così introdotti o rafforzati i concetti di metadato, di dato territoriale, di set dei medesimi e di servizi ad essi relativi, di oggetto territoriale ("rappresentazione astratta di un fenomeno reale connesso con una località o un'area geografica specifica", particolarmente significativo dal punto di vista applicativo) e, soprattutto, di interoperabilità (art. 6), concetto che già aveva fatto la sua comparsa ai tempi del CNIPA all'interno di Intesa GIS, destinato a rivoluzionare il mercato, il sistema della produzione, trattamento e gestione del dato territoriale. Si tratta di una serie di provvedimenti assolutamente innovativi, destinati a cambiare il mondo della gestione dei dati territoriali anche nel nostro paese, nonostante la refrattarietà generale del mondo della PA soprarichiamata, ulteriormente implementati dal decreto 10 novembre del 2011 (pubblicato nella G. U. n. 48, del 27. 2. 2012) sulle Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici, che segna un vero e deciso punto a favore della omogeneizzazione, tecnicamente strutturante, della produzione dei set di dati e applicativi territoriali, finora assolutamente incontrollati, con capitolati di appalto tra i più disparati possibile, il cui unico momento di uniformità era rappresentato dallo scambio dei file ad essi relativi tra enti, con assoluta libertà di modifica in relazione alle singole esigenze e con il risultato di produzioni mai omogenee anche all'interno della stessa regione, della stessa provincia o, peggio ancora, nel caso della presenza di enti di gestione particolari, come Consorzi industriali o di bonifica, dello stesso comune (Scanu, Podda, 2012). Dopo le naturali definizioni (art. 1) che richiamano il Codice dell'Amministrazione Digitale e ribadiscono i concetti di dati territoriali e dei servizi ad essi relativi, di metadati, del Repertorio nazionale dei dati territoriali istituito presso il DigitPA, di Geoportale nazionale, come per altro indicato dall'art. 7 del decreto 32/2010, sottolineando anche gli attributi del Database geotopografico come archivio di dati territoriali organizzati secondo regole di struttura e di contenuti, viene precisato che questi ultimi costituiscono la base informativa territoriale delle amministrazioni e fanno parte dell'infrastruttura per l'informazione territoriale, come previsto dalla direttiva INSPIRE, anche ai fini dell'interoperabilità e della disponibilità per la consultazione e la fruibilità, il riuso e lo scambio telematico degli stessi dati tra amministrazioni. Viene inoltre stabilito il criterio della responsabilità della correttezza della gestione da parte dell'amministrazione titolare del dato pubblicato nel Repertorio con l'obbligo di verifica delle esigenze comuni al fine di pianificare l'acquisizione in maniera congiunta. Ancora, di recente, l'art. 9 del decreto legislativo 179/2012, convertito con modificazioni con la legge n. 221 del 17 dicembre del 2012, ha riscritto l'art. 52 del Codice dell'Amministrazione Digitale per quanto concerne l'accesso telematico e riutilizzo del dati delle pubbliche amministrazioni, prevedendo che i dati e i documenti di proprietà delle amministrazioni, pubblicati con qualsiasi modalità, senza l'espressa adozione di una licenza, si intendono rilasciati come dati di tipo open. Per quanto concerne la PA, quello che si prospetta per il futuro è un sistema di informazione geografica veramente innovativo rispetto alla situazione di qualche anno addietro, tanto da fare apparire la gestione del dato territoriale come la base della condivisione di politiche di coerenza tra soluzioni informative standardizzate, di raccordo nell'acquisizione e produzione, quindi nel riuso e aggiornamento dello stesso dato: uno scenario

in cui la qualità, la produzione, l'aggiornamento, lo scambio del dato geografico, con tutto ciò che questo si porta appresso, diviene il nuovo paradigma della conoscenza, pianificazione e gestione del territorio. La geomatica e i suoi presupposti scientifici e operativi entrano così a fare parte in maniera determinante della pubblica amministrazione per quanto concerne gli aspetti connessi con il territorio e i cittadini o le imprese; non vi è dubbio che appaia destinata a rafforzare vieppiù questo ruolo in corrispondenza con il progredire della "modernizzazione". Nella figura 1 è riportato lo schema semplificato dell'interazione tra le nuove politiche inerenti la gestione del dato territoriale a partire dalla direttiva europea che evidentemente svolge un ruolo di traino di tutto il sistema.

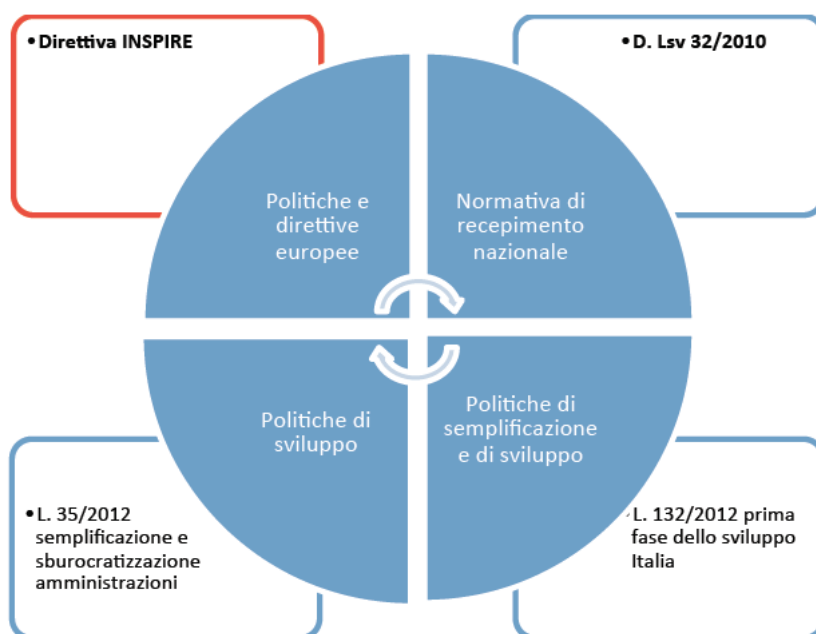



*Fig. 1 – Schema dell'interazione tra le nuove politiche sui dati territoriali*

## 5. Dati geografici e gestione del territorio nel rapporto tra PA e cittadino

Pure ammettendo che il nuovo paradigma della gestione del riordino della PA si basi sulla ristrutturazione dei dati geografici e sull'adozione degli strumenti e metodi consentiti dalla geomatica, non si può trascurare, al di là delle politiche in senso stretto, tutto ciò che questo comporta per il territorio, ben oltre le "politiche" in senso stretto. Ovvero, se quanto riguarda la conoscenza, la pianificazione-progettazione, la gestione, il governo e il controllo del territorio deve tenere necessariamente conto delle nuove "regole tecniche" di produzione e scambio dei dati geografici, è anche vero che queste operazioni vanno a interferire in qualche modo con la normale attività che su di esso si svolge, a iniziare da quelle di governo esercitate dalla pubblica amministrazione. Ma non possono nemmeno trascurarsi le esigenze dei cittadini ai quali non interessa tanto l'azione di "superiore governo" quanto la realtà quotidiana incentrata, come detto, sulla presentazione della classica pratica edilizia o sulla più

semplice richiesta di un certificato. La riflessione, a questo punto, si potrebbe spostare sul rapporto tra i diversi soggetti che entrano in gioco nella gestione dei dati e del territorio, ovvero: i dati geografici (il territorio e le sue dinamiche), la pubblica amministrazione (comprendendo tutto ciò che concerne la gestione operativa – autorizzativa del territorio), il cittadino-utente con le sue esigenze di pratica operabilità che in qualche modo coinvolgono il territorio: dall'esercizio di attività produttive al permesso di costruire, dal catasto alle imposte fondiarie e sugli immobili, ecc. Emerge una sorta di triplice rapporto, schematizzabile con i vertici di un triangolo in cui si posizionano rispettivamente il dato geografico, la pubblica amministrazione, il cittadino-utente (figura 2). Immaginando di attribuire a ogni vertice il contenuto della sua strutturazione, emerge una duplice caratterizzazione: da una parte un quadro relazionale assai complesso che coinvolge due di essi (dati geografici e Pubblica Amministrazione), segnato da azioni e retroazioni dirette nei due sensi, indice di reciproci scambi, collegamenti, dipendenze, ecc., in una ininterrotta sorta di causa-effetto di stampo razionalista; dall'altra uno schema molto semplificato, nel senso che le azioni appaiono dirette verso il terzo vertice dagli altri due senza possibilità di retroazione. Così, se al vertice dei dati geografici viene riferito tutto ciò che di essi si è prima detto (produzione, standardizzazione, qualità, interoperabilità, classificazione, ecc.) e al vertice della PA quello che in questo momento è concernente la politica di innovazione tecnologica (semplificazione, *digital divide*, banda ultra larga, Digitalia, ecc.), il vertice relativo ai cittadini-utenti non può che recepire gli input forniti dagli altri due, adeguarsi ad essi e svolgere un ruolo assolutamente passivo nel cogliere il risultato-prodotto che da questi gli possono essere trasferiti. Si evince come le azioni volte alla strutturazione dei dati geografici secondo le direttive europee e la legislazione nazionale, da cui passa la nuova visione della gestione del territorio nel senso più ampio possibile, producono comunque degli effetti sui cittadini in quanto ne rappresentano lo stato di riferimento e, di fatto, andranno a indirizzare l'azione della PA essendone l'essenza operativa mentre, viceversa, da questa potranno essere influenzati nella produzione – standardizzazione – distribuzione.

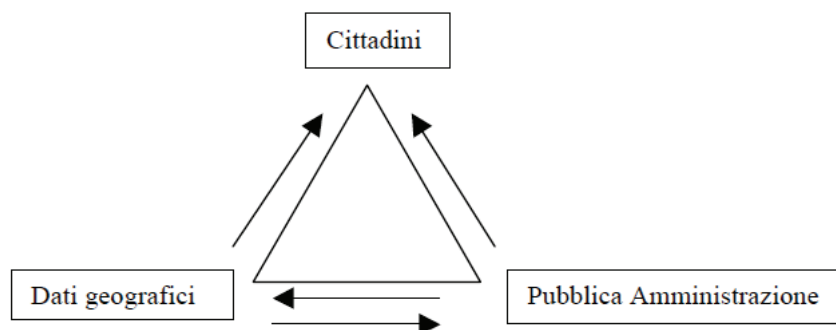



*Fig. 2 – Schematizzazione del rapporto tra Cittadini, PA, Dati geografici: uno sbilanciamento negativo (da Scanu, Podda, 2012)*

Ma se le politiche volte a favorire l'innovazione del rapporto dei cittadini con la pubblica amministrazione, dopo avere attribuito alla macchina burocratica una grande colpa nel ritardo dello sviluppo del paese e nella perdita di competitività, intendono raggiungere l'obiettivo di snellimento della burocrazia attraverso la digitalizzazione, è evidente come prioritariamente deve essere superato proprio lo squilibrio nei confronti del cittadino evidenziato nel grafico della figura 2. Gli scambi tra i tre vertici

del triangolo devono cioè essere similari, cosa che in pratica corrisponde all'implementazione delle azioni da parte del cittadino nei confronti dei dati geografici e della PA, ottenibile, ad esempio, con la partecipazione diretta alla produzione o alla gestione dei dati e dalla interazione con la stessa PA per quanto concerne il loro utilizzo e, quindi aggiornamento. Lo schema grafico andrebbe allora implementato con una doppia freccia diretta dal vertice "cittadini" verso gli altri due. A questo punto si potrebbe osservare, posto che questo obiettivo è ormai definito a diversi livelli, come esso può essere realizzato in tempi celeri e reso immediatamente fruibile. Sempre in relazione alle pratiche inerenti il territorio, ad esempio, andrebbe definito attraverso quale processo si può configurare il miglioramento delle relazioni tra il cittadino e la PA, in particolare con il comune, essendo questo l'ente con cui maggiormente essi e le imprese si rapportano. Può inoltre essere sottolineato come, se nello schema teorizzato, nel vertice del triangolo relativo ai dati geografici, vengono inseriti ulteriori elementi o informazioni relative ad altri settori della PA, a prescindere dal territorio, la configurazione relazionale può considerarsi pur sempre valida nonostante la variazione delle problematiche inerenti la loro acquisizione, teoricamente assai più semplice del caso in discussione. Occorre infine sottolineare come lo strumento e le tecniche più adeguate per favorire i processi inerenti la modernizzazione del trattamento dei dati spaziali, comprendendo anche la interoperabilità e il libero accesso per i cittadini, sia oggi rappresentato dai sistemi informativi geografici e dagli webGIS. La realizzazione dei primi, per altro, può consentire di standardizzare tutto il patrimonio di conoscenze territoriali di proprietà dei comuni, carte o file di tipo binario come i DWG, che spaziano all'interno di una miriade di formati e di tipologie proiettive diverse: si pensi ai dati catastali, alle carte topografiche IGM, alle CTR, alle riprese aerofotogrammetriche effettuate dai singoli comuni o enti vari, ai progetti di reti e ai documenti di pianificazione, ecc., ma anche alle aerofotocoperture, digitali e non e alle immagini satellitari. Dovendosi riprendere tutti questi documenti al fine del loro inserimento nei GIS comunali, si rende necessario il loro allineamento e la standardizzazione o l'omogeneizzazione in un unico formato che oggi non può che essere il WGS84. Questa operazione, da sola, fornirebbe un grande contributo alla sburocratizzazione, in quanto solitamente accompagnata dall'adozione di procedure di gestione specifica sviluppate su base GIS e poi trasferita sul web per consentire il libero accesso ai diversi profili di utente.

## 6. GIS, Web GIS, PA e cittadini-utenti

Il discorso testé svolto relativamente alla produzione dei dati geografici e alla digitalizzazione della PA, a prescindere dalle azioni di governo che ancora, almeno in parte, devono essere intraprese, porta ad ammettere l'esistenza di condizioni indispensabili per favorire l'innovazione effettiva del rapporto tra la PA e il cittadino. Analizzando lo stato di fatto in un ottica geografica tale da comprendere i comuni più virtuosi ed efficienti ma anche quelli al momento più restii a innovare pratiche e procedure, emergono una serie di condizioni di contorno strutturali, umane, finanziarie, politiche, ecc., che portano a individuare dei punti di forza, ma anche di debolezza, con le opportunità e le criticità, al pari di una specifica analisi swot.

a) Tra i punti di forza occorre considerare: le indicazioni dell'Unione europea sulla sburocratizzazione e sulla libera circolazione del dato in possesso delle pubbliche amministrazioni; la spinta innovatrice promossa dal governo sia in adeguamento alle direttive UE sia come processo cognitivo e autoreferenziale rivolto alla semplificazione amministrativa attraverso l'emanazione di provvedimenti legislativi e attuativi specifici; l'incremento esponenziale dell'accesso a internet e l'utilizzo sempre più frequente di pratiche digitali; la diffusione dei repertori, geoportali o simili che

distribuiscono informazioni territoriali strutturate e georiferite e facilitano la conoscenza dei database multi precisione e delle banche di dati; l'utilizzo pressoché globale di visualizzatori geografici (Google Heart, Bing, ecc.) che forniscono informazioni sempre più precise sotto il profilo della localizzazione e dei rapporti di topologia tra gli oggetti; la diffusione di documenti di identificazione digitale e di carte di servizi nazionali per le pratiche con la pubblica amministrazione; l'utilizzo di procedure e di tecniche di lavoro informatiche nella gestione delle pratiche concernenti il territorio e l'apertura di sportelli dedicati che dialogano in maniera informatica come ad esempio il SUAP; l'affaccio, timido ma non trascurabile, dei GIS negli uffici comunali e la creazione dei Web GIS se non, talvolta, dei veri e propri geoportali.

b) Tra gli elementi di debolezza possono invece individuarsi: l'età non sempre giovanissima dei funzionari degli uffici tecnici comunali di solito restii a innovarsi nei metodi e nelle forme di lavoro; la scarsa conoscenza delle procedure informatiche, peraltro molto incentrate su attività tipo CAD piuttosto che GIS; la difficoltà di formazione professionalizzante nel settore dei GIS nonostante la presenza di open e di tutorial o manuali in lingua italiana; la scarsa diffusione presso i professionisti e i tecnici di strumenti GIS e quindi la difficoltà di operare una certa pressione presso i comuni per spingere sull'adeguamento da parte di costoro da considerare come i maggiori interlocutori degli uffici tecnici; il tempo irrisorio solitamente dedicato all'aggiornamento professionale e all'innovazione da parte dei funzionari pubblici per via della oppressione burocratica; la scarsità di risorse dedicate al miglioramento della funzionalità degli uffici tra preparazione dei funzionari e adozione di tecniche, tecnologie e pratiche adeguate alle nuove esigenze della moderna società.

c) Come opportunità, un bilancio tra le due opzioni porta a evidenziare la reale possibilità di avvio della riqualificazione in senso di efficienza operativa dell'attività dei comuni nel settore della gestione del territorio, tenendo appunto conto del supporto che in ciò possono fornire i GIS, le reti di internet, le nuove normative dedicate alla razionalizzazione del dato geografico e alla interoperabilità dello stesso, l'esigenza di economizzare la gestione delle pratiche, l'accettazione assai condivisa da parte dei cittadini e dei tecnici delle procedure informatiche per la gestione del rapporto con il comune, la distribuzione della Carta Nazionale dei Servizi, in alcune regioni già completata ed in attesa di attivazione (come la Sardegna) e in altre (come in Lombardia) già utilizzata, che costituisce un vero e proprio lasciapassare digitale del cittadino per il dialogo certificato con la PA.

d) Tra i punti di debolezza più evidenti è da annoverare la scarsa conoscenza dei GIS e delle procedure dedicate, su cui incombe sovrana la pressoché inesistente preparazione nel campo della geomatica in generale e in riferimento al trattamento del dato territoriale nello specifico.

Volendo ora ipotizzare uno schema logico di funzionamento del sistema innovatore per la gestione del rapporto tra comune e cittadino relativamente ai dati territoriali si può fare riferimento alla figura 3 dove si possono osservare le relazioni tra componenti, flussi informativi, presentazione delle richieste o delle domande con le relative risposte ma anche la modalità di accesso al flusso informativo tramite il geoportale acconsentito dal profilo dell'utente deciso dalla singola amministrazione. Come si vede dalla suddivisione delle tematiche considerate a mero titolo esemplificativo, i flussi informativi che possono essere attivati sono elevati e sono da mettere in relazione alla strutturazione degli archivi comunali, nonché alla sua diretta capacità organizzativa e pianificatoria. Alla base di tutto il processo è da porre, inizialmente, la realizzazione del sistema informativo comunale da una parte e, dall'altra,

la possibilità che il cittadino abbia l'accesso certificato allo sportello (telematico) dell'amministrazione, cosi come di altre entità pubbliche cosa che, come accennato, può avvenire grazie alla presenza del microchip nella Carta Nazionale di Servizi o alla tessera sanitaria che consente la disponibilità del PIN. Altro elemento di non secondaria importanza è lo sviluppo degli appositi applicativi software necessari per supportare l'attività del GIS e dell'WebGIS in relazione alle procedure necessarie per il disbrigo delle varie pratiche (ad esempio il rilascio delle concessioni edilizie) e per le eventuali altre funzionalità, come l'incrocio tra le banche dati finanziarie, anagrafiche e catastali per la verifica dell'equità e della corresponsioni dei canoni per gli immobili, ecc. Questo è ovviamente un aspetto che dipende dal singolo comune, dalle sue specifiche problematiche ed esigenze e anche dalla performanza della piattaforma scelta come sistema GIS, da quelli open a quelli cosiddetti commerciali o proprietari per i quali, a fronte di una preferenza tra questi da parte delle amministrazioni pubbliche, a livello locale e regionale, molto sbilanciata sui prodotti ESRI, di recente si registra un diffuso interesse verso i primi per via dei costi contenuti. Il vero nodo che segna il passaggio verso la gestione digitale delle pratiche territoriali da parte di un comune, fermo restando le difficoltà e le carenze prima avanzate e che ne limitano l'operatività, è connesso con l'avvio della costruzione del sistema informativo e l'acquisizione di alcune procedure, tra le più semplici al fine di avviare la fidelizzazione degli operatori e dei cittadini, con il quale si definisce anche il riordino dei dati e la volontà del singolo ente di operare in maniera moderna e strutturata. Ciò non toglie, naturalmente, che il processo di implementazione delle procedure applicative per i vari compiti d'ufficio e per le diverse sezioni amministrative possa seguire un percorso modulare, in parallelo anche alla formazione del personale e alla capacità di risposta manifestata nei confronti del processo innovativo per cui, a iniziare dai vari sportelli previsti per legge, come il SUAP e la SCIA o la DIA, ormai di dominio generale, il passaggio verso le altre procedure più complesse può essere graduale, come ad esempio per l'esame di un progetto di costruzione edilizia o la verifica tra residenti e unità abitative e patrimonio immobiliare, tanto per citarne alcune.

Come si osserva dal layout, operativamente le richieste possono essere inoltrate direttamente all'amministrazione previo riconoscimento-accettazione dell'utente, la quale provvede ad attivare e poi sviluppare il processo di elaborazione delle informazioni richiesto e a rilasciare il certificato/permesso/autorizzazione ecc. servendosi, in relazione alle esigenze, di un eventuale dialogo – sempre telematico – con il cittadino fino a conclusione dell'iter. E' possibile anche, nei sistemi più evoluti, verificare l'iter della pratica seguendo l'iter dell'istruttoria fino a effettuare la liquidazione delle somme spettanti all'amministrazione per via digitale. La presenza del geoportale risulta particolarmente importante in quanto consente l'accesso diretto ai dati di conoscenza e di gestione del territorio in possesso dell'amministrazione e di osservare direttamente alcuni stati di fatto, ad esempio la destinazione urbanistica di una determinata area, ottenendo direttamente un certificato con tutte le informazioni che lo stesso contempla normalmente, valido quanto meno per alcuni usi. Essendo tutto il sistema imperniato su base GIS, è evidente che tutte le procedure e le pratiche eseguite vengono automaticamente georiferite e posizionate correttamente sotto il profilo geografico; anche laddove l'utente non indicasse la localizzazione dell'oggetto della richiesta la stessa può essere ricavata in maniera automatica attraverso lo sportello telematico. La disponibilità del GIS consente inoltre delle performances sul trattamento delle informazioni territoriali di elevata utilità per l'amministrazione o l'utente, non solo in relazione alle richieste a sportello ma anche per quanto concerne altri aspetti legati alla normale attività di un comune, come i lavori pubblici, i trasporti, i percorsi degli scuola-bus e degli autobus, la raccolta dei rifiuti e il percorso seguito dai mezzi con l'ora e la frequenza dei passaggi nei punti di sosta dei cassonetti, ecc.

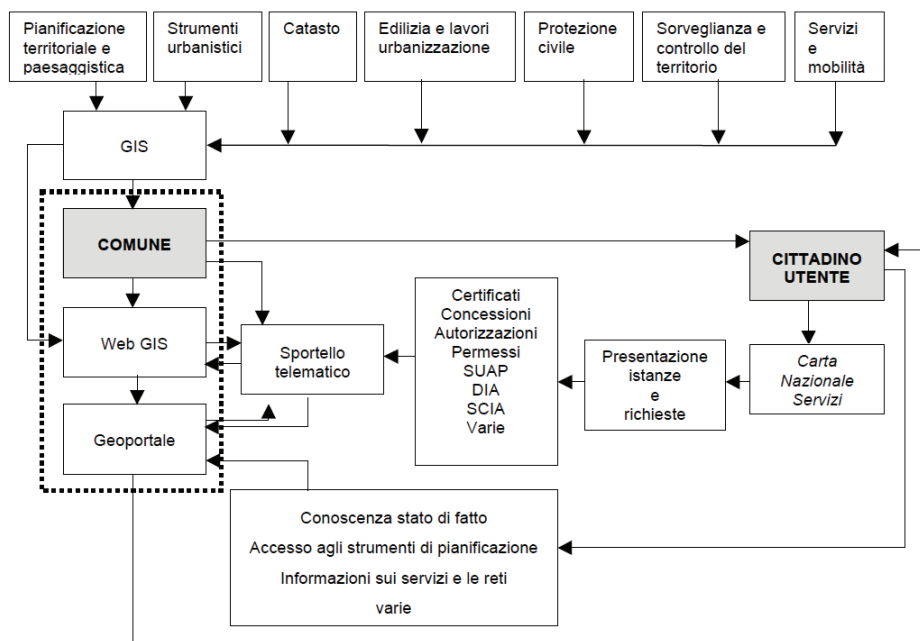



*Figura 3 – Layout del processo di innovazione e digitalizzazione della PA e dell'interazione con il cittadino (da Scanu, Podda, 2012)*

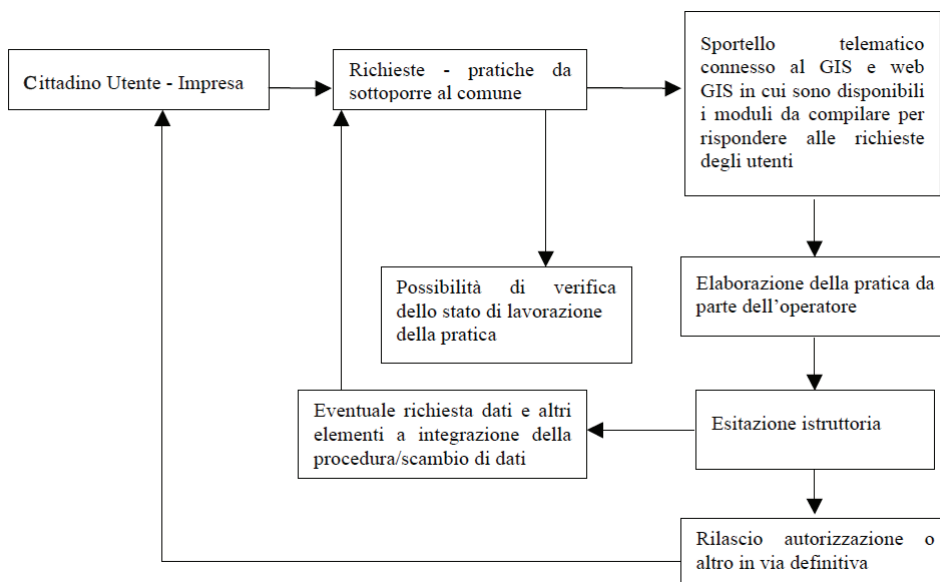



*Figura 4 – Layout di funzionamento di uno sportello telematico*

## 7. Conclusioni

Il Codice dell'Amministrazione Digitale ha introdotto, già dal 2005, un nuovo approccio nei rapporti tra la PA, i cittadini e le imprese, sancendo il diritto all'uso delle tecnologie informatiche e la partecipazione al procedimento amministrativo digitale, quindi favorendo, o meglio imponendo, il dialogo di tipo telematico come base della modernizzazione del sistema ed eliminazione dell'annosa quanto insostenibile lentezza burocratica. Successivi provvedimenti legislativi hanno rafforzato questa determinazione, poi concretizzatasi nell'attivazione di appositi sportelli telematici, ad esempio relativamente alle attività produttive (SUAP), destinati alla gestione di aspetti particolari dell'amministrazione che denotano come il percorso di digitalizzazione avviato, per quanto lento e irto di non pochi ostacoli sia ormai irreversibile. Più di recente, la consapevolezza che l'elevata burocratizzazione presente negli apparati pubblici dello stato rappresenti un ostacolo per lo sviluppo economico e che la digitalizzazione della PA rappresenti lo snodo per la modernizzazione del Paese, ha portato il Governo ad assumere diversi provvedimenti alcuni dei quali hanno già prodotto dei risultati apprezzabili. Si pensi, ad esempio al decreto legislativo 5/2012 sulla semplificazione, convertito nella legge 35/2012 entrata in vigore il 7 aprile del 2012 e al decreto 83/2012 sullo sviluppo, convertito nella legge 134 entrata in vigore il12.8.2012 che continua il programma di semplificazione, in particolare l'art. 13 sulla presentazione delle pratiche edilizie in maniera digitale o, ancora alla legge 221 del 17 dicembre 2012 di conversione del decreto legislativo 179/2012 meglio noto come decreto sviluppo bis o decreto crescita 2.0 che oltre alle norme sull'attuazione dell'Agenda Digitale, sul domicilio digitale e sui pagamenti elettronici della PA, contiene anche la modifica all'art. 52 del CAD riguardante l'accesso telematico e il riutilizzo dei dati delle pubbliche amministrazioni. Altri provvedimenti, invece, registrano dei ritardi nell'entrata a regime, come per l'e-government e quello sull'attivazione dell'agenda digitale, la cui attribuzione da ultimo è approdata alla presidenza del Consiglio dei Ministri ed è stato nominato il direttore, o per l'estendimento della banda ultra larga. Consapevoli del fatto che il rilancio della crescita e della competitività dell'intero Paese passi necessariamente dall'efficienza del sistema amministrativo, da privare dei lacci imposti da una secolare storia burocratica, non si può che auspicare la velocizzazione della digitalizzazione della PA, laddove gli aspetti legati al territorio divengono più urgenti essendo quelli più problematici e impegnativi. Tuttavia, come si è osservato relativamente alla digitalizzazione del dato geografico, grazie anche alla emanazione di direttive europee cui è stato necessario adeguarsi, si sono avviati percorsi interessanti per la produzione, strutturazione, scambio e aggiornamento delle informazioni territoriali con i conseguenti vantaggi, soprattutto economici, per le amministrazioni le quali, proprio in virtù di questi processi, sono obbligate a "smaterializzare" e a rendere fruibile il dato da esse posseduto. Sotto questo profilo, la strutturazione di qualsiasi percorso legato al dato territoriale, passa necessariamente attraverso i GIS, mentre con gli Web GIS e i "geoportali" o i "repertori" si possono garantire procedure di consultazione libera da parte degli utenti, unitamente allo scambio e all'interoperabilità. Le valutazioni svolte nel percorso fin qui affrontato tengono conto di alcune esperienze già adottate in diversi comuni italiani, da quelli grandi – ad esempio Bergamo – a quelli piccoli – come Noventa di Piave – e di alcune proposte progettuali portate avanti da società specializzate nello sviluppo di applicativi GIS e nella configurazione di sportelli telematici per le pubbliche amministrazioni. Si può certamente affermare, a conclusione di quanto esposto, che la proposta di articolazione operativa da installare all'interno della PA per rispondere alle richieste specifiche della normativa del settore, in particolare il Codice dell'Amministrazione Digitale con le successive modifiche e integrazioni e gli altri provvedimenti ispirati dalla direttiva INSPIRE, debba necessariamente contemplare il supporto del GIS mentre la sua evoluzione in geoportale, grazie al WebGIS, può garantire quegli aspetti legati alla produzione, strutturazione, gestione e inte-

roperabilità del dato geografico. Per quanto concerne il territorio, quindi, il nuovo rapporto tra la PA e il cittadino, passa necessariamente attraverso il sistema informativo geografico: è infatti proprio la qualificazione del dato territoriale, acquisita attraverso la strutturazione richiesta dal sistema, anche in termini di precisione nella localizzazione, a garantire la modernità, la qualità e l'economicità del dialogo tra questi due soggetti. La progettazione di questo tipo di soluzione personalizzata per i singoli comuni al fine di garantire standard di efficienza operativa adeguati alle specifiche situazioni, piuttosto che quelle omologate a livello regionale o centrale da cedere in uso ai vari enti, è quindi la strada percorribile per far si che la digitalizzazione dell'amministrazione pubblica, in attesa del supporto di Digitalia e della radicale diffusione dell'e-government, inizi a segnare lo snellimento burocratico procedurale e a facilitare la ripresa della competitività.

## Riferimenti bibliografici


Attias M., Donnaloia L., Mazzi C., Milan P. (2011), *Primi risultati delle sperimentazioni del CISIS-CPSG volte alla realizzazione dei DBT Regionali secondo le Specifiche di Contenuto per i DB Geotopografici: utilizzo degli strumenti GeoUML per la realizzazione ex-novo e per l'adeguamento dei DBT esistenti*, Atti 15ª Conferenza Nazionale ASITA, Colorno, pp.153-158.

Attias M., Rotundo A. (2011), *Informazione geografica, Regioni e metadati: il contributo del CISIS nell'implementazione del Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali*, Atti 15ª Conferenza Nazionale ASITA, Colorno, pp. 159-164.

Borruso G. (2011), *Geografie di rete. Infrastrutture, regioni, città*, Pàtron, Bologna.

Borruso G. (2013), "Cartografia e informazione geografica «2.0e oltre», webmapping, webgis. Un'introduzione", *Bollettino dell'AIC*, 147, pp. 7-15.

Bripi F., Carmignani A., Giordano R. (2011), *La qualità dei servizi pubblici in Italia*, Banca d'Italia, Roma.

Ciaccia M., Serino F. (2013), *Dannata burocrazia*, Aracne, Roma.

Campanile G. (2011), *V Metadati, Dati, Servizi: un approccio integrato per esporre il proprio mondo secondo le regole INSPIRE*, Atti 15ª Conferenza Nazionale ASITA, Colorno, pp. 543-548.

Cilloccu F., Dequal S., Brovelli M. A., Crespi M., Lingua A. (2009), *Ortoimmagini 1: 10.000 e modelli altimetrici. Linee guida*, CISIS, Roma.

Favretto A. (2000), *Nuovi strumenti per l'analisi geografica*. I GIS, Pàtron, Bologna.

Favretto A. (2009*), I mappamondi virtuali. Uno strumento per la didattica della geografia e della cartografia*, Pàtron, Bologna.

Ferro P., Arpaia C. M., Doronzo R. (2013), *Innovazione e pagamenti pubblici nell'agenda digitale italiana*, Banca d'Italia, Roma.

Fraulini A., Ugoletti C., Mengoli B. (2011), *I Servizi WEBGIS realizzati dal Portale Cartografico della Provincia di Modena*, Atti 15ª Conferenza Nazionale ASITA, Colorno, 1079-1087

Gomarasca M. A. (2009), *Basics of Geomatics*, Springer, London

Longhi D. (2013), "La strategia e le attività del CISIS/CPSG per uno sviluppo coordinato dell'Informazione Geografica", *Geomedia*, 1: 6-11

Scanu G. (2008), *Considerazioni in merito alle prospettive future della cartografia*, "Boll. dell'AIC", 132-134, pp. 11-22.

SCANU G., PODDA C. (2012), *Aspetti dell'innovazione digitale nelle pratiche di gestione del territorio. A proposito del rapporto tra cittadini e comuni*, Atti della 16ª Conferneza Nazionale ASITA, Vicenza, pp. 1201-1210

SURACE L. (1998), *La georeferenziazione delle informazioni territoriali*, "Bollettino di geodesia e scienze affini", LVII, 2, pp. 181-234.

TURCO G., SARZOTTI E., ZAMPONI L., BONANSEA E. (2007), *PFR Piemonte-Strumenti per la condivisione delle informazioni tra gli enti della PA*, Atti 11ª Conferenza ASITA, Torino, pp. 2135-2140.

VALLEGA A. (2008), *Fondamenti di geosemiotica*, Società Geografica Italiana, Roma

# CRITERI PER L'ALLESTIMENTO DEI FOGLI CARG CON GEOLOGIA MARINA

# *CRITERIA FOR THE PREPARATION OF THE SHEET CARG WITH MARINE GEOLOGY*

**Domenico Tacchia**[*]**, Silvana Falcetti**[*]

## Riassunto
Una delle novità introdotte con la pubblicazione del Quaderno n. 12 del Servizio Geologico d'Italia – Dip. Difesa del Suolo dell'ISPRA, è la sistematizzazione ed il completamento delle simbologie da utilizzare nella descrizione delle informazioni geologiche nei numerosi fogli della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 con presenza di aree marine. Elementi sperimentali di geologia marina sono già presenti fin dalle prime carte pubblicate nel Progetto CARG (n. 541 Jerzu; n. 549 Muravera del 2001 n. 240/241 Forlì-Cervia e 256 Rimini nel 2005) e nella Carta Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:250.000. Il "Quaderno n. 12" sistematizza la rappresentazione delle informazioni geologiche sotto il livello del mare. Per la descrizione dei "depositi sommersi" sono inseriti 36 simboli, mentre 58 (punti, linee ed aree) da utilizzare nelle aree sommerse. Due questioni sono affrontate per l'allestimento delle carte: leggibilità della linea di costa e attenuazione dei timbri cromatici per la geologia sommersa. È presentata sinteticamente l'esperienza sul Foglio geologico n. 413 Borgo Grappa/Isole Ponziane.
***Parole chiave:*** Carta geologica; cartografia; geologia marina.

## *Abstract*
*One of the new features introduced with the publication of the Book no. 12 of the Geological Survey of Italy – Department of Soil – ISPRA is the systematization and the completion of the symbols to be used in the description of the geological information of several sheets of the Geological Map of Italy at 1:50,000 scale with the presence of marine areas. Experimental elements of marine geology are already present from the first maps published in the "CARG Project" (No. 541 Jerzu, n. 549 Muravera of 2001 n. 240/241 Forli-Cervia and Rimini 256 in 2005) and in the Geological Map of the Italian Seas scale of 1:250,000. The "Book no. 12" systematizes the representation of geological information below sea level. For a description of the "submerged deposits" shall be inserted 36 symbols, and 58 (points, lines and areas) for use in submerged areas. Two issues are addressed for the preparation of maps: readability of the coastline and the mitigation of chromatic tones for geology submerged. Is presented synthetically experience on geological sheet no. 413 Borgo Grappa/Pontine islands.*
**Keywords:** *Geological map; cartography; marine geology.*

* Servizio Geologico d'Italia – Settore Cartografico del Dipartimento Difesa del Suolo – ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – Via Vitaliano Brancati n. 60, domenico.tacchia@isprambiente.it; silvana.falcetti@isprambiente.it

## 1. La Geologia Marina nella Cartografia recente del Servizio Geologico d'Italia

Con l'inizio del Progetto CARG nel 1988 fu affrontata, tra le altre, la questione relativa al rilevamento, studio e rappresentazione delle informazioni geologiche delle aree marine o, più in generale, delle aree sommerse, con l'intento di definire delle linee guida utili alla nuova cartografia geologica alla scala 1:50.000 del territorio nazionale, specifica finalità del Progetto.

Nella cartografia del Servizio Geologico d'Italia si rintracciano solo approcci sporadici, se non occasionali, alla questione e spesso le informazioni delle aree sommerse, quando raccolte, appaiono integrative di quelle delle aree emerse quasi non avessero alcuna propria dignità scientifica. Invero la questione sembra scaturire anche da un diverso approccio alla raccolta dei dati tenuto conto che, per ovvie necessità, quelle delle aree sommerse non sono immediatamente fruibili o comunque soggette alla verifica diretta dell'eventuale interessato, contrariamente a quelle di terra.

Della cartografia del Servizio Geologico precedente il Progetto CARG non possiamo non ricordare il foglio geologico alla scala 1:100.000 n. 183-184 Isola d'Ischia – Napoli (in seconda edizione) pubblicato nel 1967 su stampa della Litografia Artistica Cartografia di Firenze con disegno di E. Cirese e Coordinamento cartografico di C. Gioria, cartografi del Servizio Geologico d'Italia, sotto la redazione scientifica di A. G. Segre. Il foglio è composto su due livelli di supporto, uno cartaceo opaco, in cui è riportata l'informazione geologica contestualmente alla base topografica, e l'altro, acetato trasparente, in cui sono stampati solo alcuni elementi di ordine vulcanico (orli di cratere, fratture eruttive ecc.). Nonostante l'estrema complessità del dato geologico di "terra", con la presenza di un'area vulcanica unica nel suo genere, si rintraccia, a conclusione della legenda del Foglio, una descrizione, non molto estesa ma certamente significativa, della geologia dell'area marina ricompresa nel doppio foglio. In Figura 1 è riportato uno stralcio della parte marina del Foglio ed in Figura 2 la parte qui segnalata della legenda in questione.

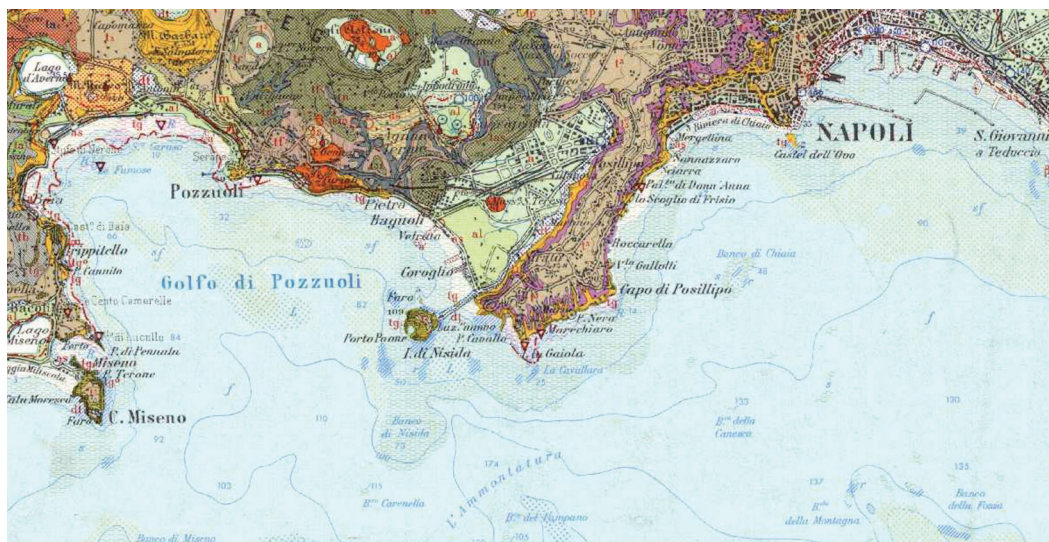



*Fig. 1 – Stralcio del Foglio Geologico nn. 183/184 Isola d'Ischia – Napoli alla scala 1:100000 del 1967*

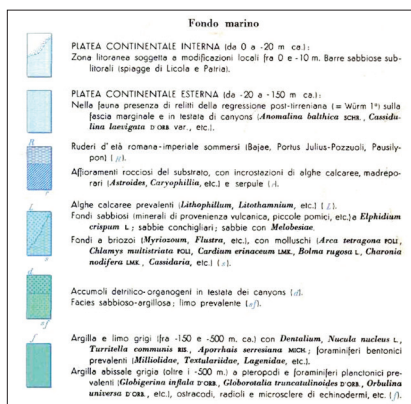



*Fig. 2 – Legenda del fondo marino del Foglio geologico nn. 183/184 Isola d'Ischia – Napoli alla scala 1:100.000*

Una necessaria osservazione non può non partire che dalla data di pubblicazione del Foglio: il 1967. Oltre quaranta anni fa, quasi in altra epoca geologica ma con il Servizio Geologico d'Italia in piena attività per accelerare i processi di pubblicazione della cartografia geologica del territorio nazionale, voluto dalla cosiddetta "Legge Sullo" che ha permesso di stampare quasi i 2/3 della collana editoriale alla scala 1:100.000 in prima o seconda edizione (come il foglio descritto) negli anni 1960/1980. È ben evidente dalle date che l'approfondimento dell'informazione geologica marina non può che essere meramente indicativo ed anzi per alcuni aspetti sembra quasi essere legato alla necessità di descrizione e completamento della geologia vulcanica "sommersa", ovviamente ampiamente trattata nel Foglio in oggetto. Lo stesso titolo della legenda denuncia questa lettura, i tasselli relativi all'area sommersa sono raggruppati sotto il titolo "Fondo marino" e contemplano una suddivisione della Piattaforma Continentale in "interna" (da 0 a -20 m circa) ed "esterna" (da -20 a -150 m circa) ed una serie di segnalazioni che "mescolano" "Ruderi d'età romana" fino alle Argille differenziate al di sotto della quota -150 m e -500 m. Le sigle di identificazione che sono state usate appaiono tutt'altro che definite, non si rintraccia infatti alcun riferimento né a livello di provenienza storica e neppure secondo un ordine scientifico predeterminato. Cartograficamente gli elementi da rappresentare, ove riportati, sono tracciati sovrapposti ai cromatismi di fondo che sono legati esclusivamente alle diverse quote batimetriche con raggruppamento da 0 a -300; da -300 a -450 e quindi oltre i -450 ml, evidenziate con tinte ipsometriche. Per le informazioni sommerse sono utilizzate trame a semplice geometria (tratteggi o punti) in colore azzurro (ex "idrografia" dell'impianto colori del 1968) oppure bistro (ex "altimetria" del medesimo impianto colori) e tutte le aree in esse identificate sono individuate solo dal limite delle trame senza alcuna linea perimetrale. L'insieme risulta assolutamente discreto in termini di cromatismo rispetto alle informazioni geologiche "emerse" quasi a confermare, come si diceva pocanzi, la complementarietà del dato "sommerso" rispetto alla terraferma.

Altro aspetto significativo delle informazioni geologiche sommerse è presente nei fogli n. 2, 3 e 4 della Carta Geologica alla scala 1:500.000 del territorio nazionale pubblicata in 5 fogli tra il 1976 ed il 1983 (vedi stralcio del Foglio n. 3 in Figura 3) con redazione scientifica curata da B. Compagnoni, A.V. Damiani e M. Valletta per la geologia terrestre; I. Finetti per la geofisica delle aree marine; mentre per la cartografia terrestre E. Cirese, S. Pannuti, F. Sorrentino e per quella marina S. Pannuti e C. Rigano con la cartografia curata da S. Pannuti, tutti della Divisione XIII° Cartografia del Servizio Geologico

d'Italia. Invero questa informazione non risulta presente in uno dei 5 fogli pubblicati, quello relativo alla Sicilia, peraltro certamente significativo in proposito, mentre il foglio n. 1 è sostanzialmente relativo alla sola area alpina e padana.

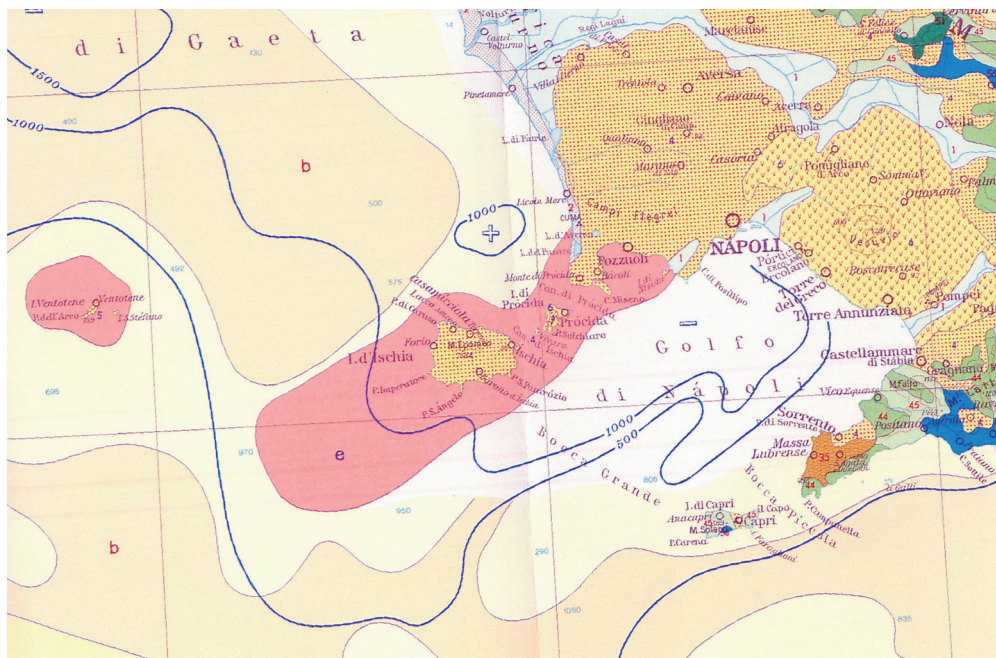



*Fig. 3 – Stralcio del foglio n. 3 della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:500.000*

La legenda, unica per tutti e cinque, raggruppa le informazioni sommerse sotto la dizione "Elementi geologici, geomorfologici e strutturali dei mari Adriatico, Ionico e Tirreno" con specifica dei mari di riferimento presumibilmente per la citata assenza di questi elementi nel foglio n. 5 (Sicilia – probabilmente perché primo della collana ad essere stampato). Tuttavia già dalla specifica del titolo, relativa ad "Elementi", si evidenzia il carattere puramente indicativo dei dati descritti. Le informazioni sono supportate se non direttamente derivate con ampio riferimento alle interpretazioni del "rilievo sismico" oltre ovviamente a quanto derivabile direttamente da pozzi profondi per ricerca idrocarburi. D'altra parte la stessa scala di pubblicazione (1:500.000) certamente non depone a favore di una puntuale descrizione delle informazioni geologiche sommerse ma, lungi dal confrontare scale di pubblicazione diverse e soprattutto periodi temporali e finalità scientifiche non equiparabili, in questa nuova versione cartografica compare un primo tentativo di strutturare una legenda geologica delle aree sommerse che, sulla scorta di quella della aree emerse, è disciplinata da criteri di indicizzazione (lettere invece di numeri) e differente cromatismo. Nella parte emersa i "numeri" scelti per differenziare le aree che compaiono, sono suddivisi in cromatismi in ragione del colore blu per le aree vulcaniche, nero per il plutonico e rosso per i depositi continentali e marini; seguendo lo stesso criterio nella legenda delle aree sommerse è differenziata con lettera in colore blu la parte relativa alle "Principali aree vulcaniche e/o metamorfiche, associate ad anomalie magnetiche rilevanti" (sommando in questo caso vulcanico e metamorfico) mentre le lettere in colore rosso differenziano tutti gli altri elementi. Compaiono

anche per la parte a mare tracciati lineari relativi al "Limite di bacino messiniano.." e al "Limite esterno delle faglie di compressione (faglie inverse) ...". Sono presenti le "Isopache indicative dei depositi pliocenico-quaternari (in metri)" e le "Cronoisopache delle evaporiti messiniane (in millisecondi; tempi a due vie)" che quando raggiungono "spessori anche notevoli" diventano limite di tinte ipsometriche più scure se di maggior spessore. A livello cartografico due considerazioni essenziali per quanto si approfondisce nel presente scritto. La prima l'assenza delle batimetriche nelle aree marine probabilmente eliminate per evitare confusioni con le Isopache in colore blu. L'altimetria sommersa è indicata solo da quote puntuali che tuttavia non riescono a descrivere l'andamento morfologico della superficie; è da considerare questa come una scelta precisa in sede di redazione cartografica tenuto conto che nell'emerso l'equidistanza delle isoipse è fissata in ben 500 metri divenendo relativamente significativa solo nell'area alpina e nei maggiori rilievi appenninici. L'altra l'abbandono del colore "blu idrografia" in tinte ipsometriche differenziate in ragione della maggiore profondità a favore di cromatismi tipici della carta geologica. Per la parta a mare infatti è individuata e descritta la presenza, evidente o meno, delle "evaporiti del Messiniano" età geologica di 7,2 milioni di anni or sono compresa tra il Miocene superiore ed il Pleistocene inferiore, periodi geologici da rappresentare in colore in "giallo-ocra" come fissato dalla Commissione per l'unificazione dei cromatismi della Carta Geologica del secondo Congresso Internazionale di Geologia tenuto a Bologna nel 1881. Le aree marine dei fogli 2, 3 e 4 del 500.000 geologico sono rappresentate con variazione dei colori dal marrone chiaro al giallo ocra, utilizzati fin dall'epoca della rammentata decisione sulle carte geologiche e poi fissata nei vari impianti colore editi dal Servizio Geologico d'Italia, in questo caso quello pubblicato nel 1968. Per la prima volta in una carta geologica ufficiale dello Stato è data la priorità al cromatismo fissato dalla geologia piuttosto che a quello atteso dal dato geografico, introducendo quindi la necessità di definire i criteri cromatici da utilizzare in situazioni di questo tipo. Per quanto della carta in descrizione si evidenzia già una notevole attenuazione dei timbri utilizzati ben evidente anche nelle citate aree vulcaniche in cui il pur intenso cromatismo scelto permette di distinguere agevolmente la parte delle terre emerse.

## 2. Le Aree Marine nel Progetto CARG

Il Progetto CARG nato con le prime Convenzioni del 1988 non può non ricomprendere, nella nuova Carta Geologica alla scala 1:50.000 della nazione, il dato delle aree sommerse. Uno specifico capitolo è dedicato a questo aspetto sulla prima "linea guida" del Progetto pubblicata nel 1992. Scopo ed obiettivo scientifico ivi dichiarato è quello di descrivere la geologia delle "aree marine comprese nei fogli I.G.M.I.", riferito al taglio geografico del 50.000, "relative al fondo ed immediato sottofondo marino", come "giusto compromesso ... costi benefici" per la raccolta del dato, rinviando la descrizione delle strutture più profonde alla scala 1:250.000, secondo la normativa (all'epoca in corso di definizione) dell'Istituto di Geologia Marina del CNR di Bologna (carte poi pubblicate nella collezione della Carta Geologica dei Mari Italiani appunto alla suddetta scala). Consapevole fin da subito, dunque, delle difficoltà operative per l'acquisizione dei dati geologici sommersi, si finalizza la raccolta ad una conoscenza di base "utile anche per la programmazione di una corretta utilizzazione e gestione della fascia costiera e della piattaforma continentale" prevedendo tuttavia la possibilità di ampliamento e modifica del dato trattandosi di "una scienza in continua evoluzione" in funzione dell'acquisizione di nuove informazioni (geologiche e geofisiche) finalizzate ad alimentare sempre di più le conoscenze dei fondali. È subito evidenziata la differenza tra la oramai pressoché acquisita standardizzazione delle rappresentazioni convenzionali della terraferma in contrapposizione ai "pochi tentativi per sviluppare una normativa omogenea di geologia marina" e dunque la consapevolezza che quello presente nella

guida CARG citata, è un "primo documento di riferimento" in attesa di essere perfezionato con altri contributi ed esperienze. Infine l'auspicio di estendere il rilevamento al "territorio sommerso in cui si prevede che siano contenute informazioni utili al completamento della carta geologica dell'area emersa" riproponendo, in qualche modo a sorpresa, la complementarietà del dato sotto il livello del mare.

La specifica dei "Contenuti della Carta" (Par. 6.4. pag. 144 Q. 1 del 1992) inizia precisando che gli elementi scientifici da descrivere sono da rappresentare "su basi batimetriche ufficiali concordate con l'Istituto Idrografico della Marina". L'esperienza successiva ha evidenziato tuttavia che questa indicazione non risulterà di semplice attuazione a causa, da un lato, della non omogenea disponibilità e, dall'altro, dal dettaglio del dato IIM ritenuto spesso insufficiente a descrivere le aree prossime alla costa, comportando quindi la necessità di sua integrazione oppure sostituzione con rilevamento di dettaglio dell'area interessata come peraltro espressamente previsto al Par. 6.4.2. del citato Quaderno 1 del 1992.

Nei contenuti scientifici della carta delle aree marine del Progetto CARG è prevista, per le campiture poligonali, la distinzione degli "affioramenti rocciosi" e di quelli dei "sedimenti superficiali non consolidati" con specifica, per il primo, della loro caratterizzazione attraverso "criteri litostratigrafici, in analogia con quanto avviene nella terraferma, correlando, ove possibile, le unità affioranti a terra con quelle presenti sul fondo marino". Questa indicazione sarà essenziale per talune delle scelte cartografiche che seguiranno perché l'accertata equivalenza del dato emerso con quello sommerso comporta necessariamente l'utilizzo dell'Impianto Cromatico delle Carte Geologiche che, come noto, utilizza criteri codificati nel II° Congresso Internazionale di Geologia di Bologna 1881 divenuti successivamente un lessico pressoché internazionale. Per gli elementi lineari invece la coesistenza di informazioni tipiche anche delle aree emerse (tettonici, morfologici ecc.) con altri specifici delle aree sommerse (in particolare lo "spessore dei sedimenti superficiali" e le "tracce dei rilievi acustici"). Sono questi ultimi che, anche a causa dell'estensione in carta spesso tutt'altro che sporadica, hanno determinato un necessario approfondimento cartografico per stabilirne rappresentabilità oltre forma, colore e dimensione. In genere si è evitato che le tracce dei rilievi acustici fossero inseriti nel campo carta (anche per il significato di riferimento geografico loro attribuito) preferendo la loro rappresentazione con grafica semplificata in uno dei campi previsti dall'inquadratura marginale. Si sono dovuti differenziare altresì cromatismi e dimensioni delle linee per evitare che le curve di medesimo spessore dei "sedimenti" venissero confuse con le batimetriche. Infine anche per gli elementi puntuali la coesistenza di informazioni presenti anche in terraferma, adottandone in genere le medesime scelte di simbologia tenuto conto, ovviamente, del minore impatto previsto in campo carta (assenza della verifica di sovrapposizione con toponimi).

## 3. La simbologia delle Aree Marine previste nel Quaderno 1

Nell'appendice "Simbologia" del Quaderno di normative CARG n. 1 del 1992 è riservato ampio spazio alla simbologia da adottare nelle aree marine da rappresentare nei vari fogli finanziati del Progetto. In particolare i simboli dal n. 109 al n. 144 sono raggruppati sotto la dizione "Aree marine" (vedi Figura 4) concludendosi con la descrizione della "Natura dei sedimenti superficiali" secondo il diagramma ternario di Folk (1954,1980) in relazione alle diverse percentuali dei componenti Pelite-Sabbia-Ghiaia oppure Pelite-Silt-Argilla-Sabbia (vedi Figura 5). La simbologia affronta subito la descrizione degli affioramenti sommersi identificati "dal punto di vista litostratigrafico" che, come precisa l'inciso tra parentesi, "va indicato con i colori, le sigle ed i simboli utilizzati per la geologia di terraferma" trattando però il cromatismo in modo diverso "anziché il colore pieno si utilizzerà un

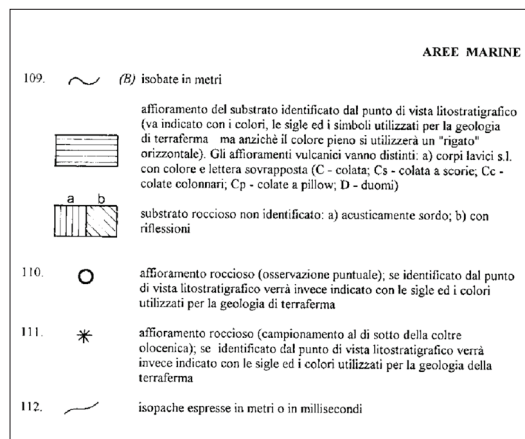



*Fig. 4 – Stralcio della simbologia per le aree marine presente nel Q. 1 del 1992*

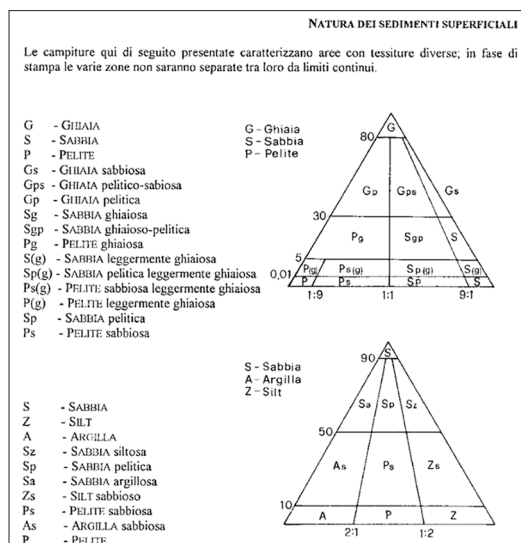



*Fig. 5 – Indicazioni per la rappresentazione dei sedimenti superficiali nel Q. 1 del 1992*

"rigato" orizzontale". È ben evidente da questa descrizione che si punta sostanzialmente all'eguaglianza con la simbologia di terraferma attenuando però, in particolare, il cromatismo attraverso il suo utilizzo in forma di "rigato" per il sommerso, certamente più leggero di quanto risulterà nelle aree emerse perché alternato al "bianco carta". Si conferma pertanto da un lato la necessità di descrivere le informazioni geologiche rilevate adottando i cromatismi internazionali della Carta Geologica anche per le aree marine, dall'altro la necessità di loro traduzione in forma certamente più tenue capaci comunque di distinguersi tra loro e dai medesimi in terraferma. Il resto della simbologia, come già cennato, ripropone la sostanziale equivalenza dei simboli presenti nelle aree emerse sia nella forma che nel cromatismo; si veda in merito l'elenco e la tipologia da rappresentare per le faglie (dal n. 122 al n. 128), riportate peraltro in colore "rosso sigle" e non ancora nel colore "Reflex blu" che sarà poi adottato nel Progetto CARG a seguito di altre considerazioni per le quali si rinvia alle descrizioni del Quaderno n. 12 del 2009 parte prima. Peraltro è proprio questa variazione che provocherà una eccessiva omogeneità cromatica della simbologia (in particolare lineare) delle aree marine per le quali l'uso dei colori "blu" è una scelta cartografica per molti versi obbligata per la natura stessa e per la posizione delle informazioni da descrivere. Merita invece un breve approfondimento la necessità di descrizione della "Natura dei sedimenti superficiali" se non altro per la vastità delle aree presenti nel generico foglio. Si tratta della rappresentazione delle percentuali delle componenti costituenti il sedimento, secondo la collocazione nel citato diagramma ternario, definiti secondo 5 componenti per le aree sommerse (come poi stabilito dal Quaderno n. 12 del 2009) pelite-argilla-limo/silt-sabbia-ghiaia. Già nel Q. n. 1, riprendendo le modalità storiche di rappresentazione delle citate componenti, in questo caso per le aree emerse, era presente una indicazione di trama da sovrapporre alle varie aree ("sovrassegni ... messi sopra i colori delle unità stratigrafiche di appartenenza ..." – Pag. 203 Q. n. 1 del 1992) secondo le oramai riconosciute differenze di trama che prevedono per le argille la ripeti-

zione di un tratto di linea relativamente lungo; per il limo un tratto più breve, per la sabbia il punto ed infine per la ghiaia il cerchio di modesta dimensione (in cui è però possibile riconoscere il "vuoto" al centro della forma). Nel Q. 12 è stata inserita per le aree marine anche la pelite adottando tratti di linee più lunghe di quelli per l'argilla. Come si immagina la diversa combinazione di questi elementi secondo il diagramma ternario di Folk, può dar luogo ad una serie pressoché illimitata di combinazioni la cui necessaria descrizione può risultare piuttosto complessa come talune di quelle presenti nel Q. 1, sempre a pag. 203, "Pelite leggermente ghiaiosa"; Pelite sabbiosa leggermente ghiaiosa" ecc.. Per evitare l'inutile moltiplicarsi di simboli e descrizioni presenti nella carta alla scala 1:50.000 è stata stabilita la sola possibilità di rappresentazione di due componenti (ovviamente predominanti per l'area in campionamento) definitivamente stabilito, sempre nel Q. 12, sia in descrizione che in forma grafica. Si vedano in tal senso dizioni e trame relative alla "Strato 18 – poligoni – unità cartografabili geologiche – caratteri tessiturali parte a mare" da pag. 63 a pag. 65 del Quaderno n. 12 del 2009. Per gli aspetti di rappresentazione cartografica si fa notare il particolare sforzo compiuto per restituire trame "ordinate" dal punto di vista della combinazione dei vari elementi, tali comunque da permettere la riconoscibilità di ciascuno in relazione agli altri, tenuto conto della necessità di operare in modo distinguibile anche con quelli presenti nelle aree emerse (da pag. 62 del Q. 12) affidata, ma solo in parte, anche alla differenza cromatica del colore "pieno" "Process blue2" del Manuale cromatico per queste ultime e del 70% del medesimo colore per quelle sommerse.

## 4. La Carta Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:250.000

Nel Quaderno n. 1 del 1992, come segnalato in precedenza, è stata prevista questa nuova collana editoriale del Servizio Geologico d'Italia alla scala 1:250.000 per permettere di rappresentare la "geologia e le strutture più profonde ... utilizzando una normativa ... basata sullo studio delle registrazioni sismiche con maggior penetrazione e di stratigrafie di pozzi petroliferi" (capoverso 10 del cap. 6.1. di pag. 139) . La normativa cui si riferisce l'estratto è quella dell'Istituto di Geologia Marina del C.N.R. di Bologna a suo tempo in corso di realizzazione e poi pubblicata sul Quaderno n. 8 del 2002 "Carta Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:250.000 – Guida al rilevamento" che raccoglie parte delle esperienze condotte per la stampa del primo foglio sperimentale "Ravenna Foglio NL 33-10" pubblicato nel 2001 con responsabile scientifico del Progetto A. Fabbri e, per quanto di interesse nel presente, disegno di D. Penitenti, A. Correggiari con Progetto e Coordinamento cartografico A. Correggiari; D. Penitenti; D. Tacchia e S.EL.CA. secondo le indicazioni riportate in questo stesso primo foglio. La nuova collana editoriale è impostata sulla serie 250/G "Il Mondo (JOG) 1501" dell'Istituto Geografico Militare di Firenze prevedendo fin da subito la possibilità di abbinamento di fogli contigui, da attuare nel senso della longitudine ed in coincidenza del meridiano centrale della carta, mezzeria del foglio ampio 2° gradi di longitudine. Questa scelta permette la migliore copertura della piattaforma marina minimizzando nel contempo l'area di terra, certamente meno interessante per la rappresentazione attesa, assumendo in questa veste, il riferimento numerico dei due fogli interessati e l'eventuale diverso nome in relazione al maggior centro abitato presente nel nuovo taglio. Così il foglio indicato nel grigliato definito dall'IGM come "NK 33 -1 Perugia" diventa nella nuova disposizione "NK 33 -1-2 Ancona" pubblicato nel 2010 dal Servizio Geologico d'Italia (Figura 6) comprensivo dell'intera piattaforma marina adriatica italiana ai limiti del confine con la Croazia. Per questa tipologia di carta è stata esclusa la rappresentazione delle informazioni geologiche a terra evitando quindi il raffronto cartografico tra emerso e sommerso permettendo al cartografo, di dedicare maggiore attenzione alla leggibilità del dato rilevato a mare. A livello scientifico invece la necessità di restituzione di due tipi di informazioni: quella di superficie, con in evidenzia i depositi, e quella di profondità

derivata dalla interpretazione delle linee sismiche abbinata, ovviamente, alle informazioni provenienti dai pozzi profondi. In questo modo la collana editoriale assume un doppio livello informativo raddoppiando contestualmente i fogli in stampa necessari alla sua completa e corretta restituzione del dato acquisito od interpretato.

Nella composizione della prima carta sperimentale sono stati effettuati numerosi tentativi per definire le dimensioni, e con esse l'inquadratura marginale, della "carta tipo" da utilizzare a modello per la collana editoriale. Particolarmente laborioso stabilire la misura necessaria di "esagerazione" della scala verticale delle sezioni, ancorché in millisecondi da trasformare in metri, per permettere la leggibilità degli spessori dei sedimenti e le trame restituite dalle sezioni sismiche di profondità, tenuto conto che la scala orizzontale, come in genere nelle collane editoriali del Servizio Geologico, corrisponde a quella della carta. Nel foglio pubblicato nel 2001 "Ravenna NL 33-10" fu ritenuta accettabile l'esagerazione di 250x corrispondente alla scala "verticale" di 1:1000. Si convenne pertanto, successivamente alla descritta verifica, di mantenere (Cap. 5. Q. 8 del 2002) le dimensioni della carta all'altezza stabilita per la scala 1:50.000 (tre moduli A5 verticali = 63 cm) lasciando la lunghezza variabile pari a quella derivata dalla longitudine del campo carta, aggiungendo due o più moduli di legenda alle estremità, da piegare in A5 con i medesimi criteri descritti nel Q. 2 del 1996. Due specifiche particolarità nella nuova collana editoriale: quella della doppia scala di rappresentazione, in Km ed in Miglia Nautiche, e la dizione, sempre inserita in carte di questa natura che contengono rappresentazioni della batimetria del fondo marino, ancorché provenienti dall'Istituto Idrografico della Marina, "Non valida per la navigazione".

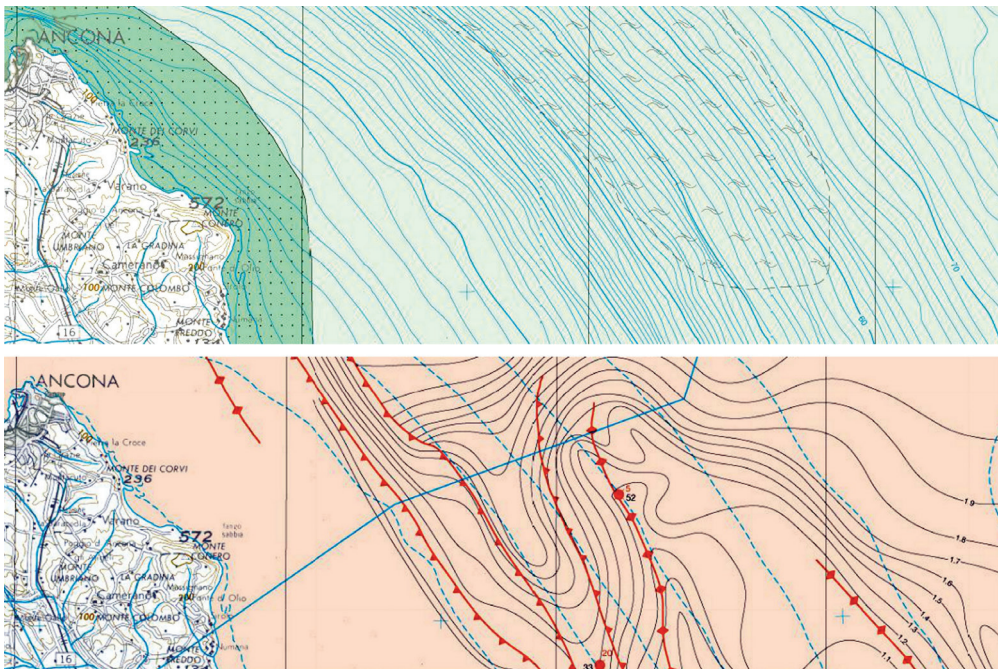



*Fig. 6 – Stralcio del Foglio NK 33 1-2 "Ancona" della Carta Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:250.000 in alto di "superficie" sotto di "profondità" pubblicato nel 2010.*

Nell'organizzazione dell'inquadratura marginale sono state operate una serie di scelte funzionali anche della suddivisione delle informazioni tra carta superficiale e di sottofondo. Nel bordo del campo carta, sulle colonne di legenda e nelle sezioni, sono presenti, nella prima tipologia, gli elementi riguardanti esclusivamente informazioni di superficie oppure di immediato sottofondo, nel secondo tipo, la restituzione del dato geologico di profondità, dedotto da dati sismici, a corredo dell'informazione contenuta nel campo carta. Così nel primo caso sono presenti in genere le carte di sintesi degli spessori dei sedimenti insieme alla batimetria della piattaforma o della scarpata marina, quasi sempre restituita anche come modello ombreggiato e con tinte ipsometriche in funzione della profondità, mentre nel secondo foglio la carta di inquadramento geologico regionale accompagnata dagli schemi tettono-stratigrafici e della sismicità dell'area (evidenziando anche gli elementi attivi) completati dalle sezioni dedotte dalla "interpretazione sismostratigrafica schematica dei profili sismici regionali". Il primo campo di inquadratura nelle due carte è stato riservato, come consueto, alla descrizione di legenda degli elementi presenti nel taglio geografico e completato, per il foglio di superficie, con le ubicazione dei dati geofisici, mentre per quello di profondità, con le linee sismiche utilizzate nella restituzione e con le indicazioni sulla gravimetria/magnetometria. È stato infine ritenuto indispensabile inserire in ciascuna carta, nonostante la presenza del fascicolo delle Note Illustrative, una "guida alla lettura del foglio" che permette di avere informazioni di massima sulle modalità operative con cui sono state acquisite e rappresentate le informazioni scientifiche contenute nella pubblicazione.

Per quanto riguarda le informazioni geologiche delle aree marine è questa una collana editoriale che, in qualche misura, deroga da quanto stabilito nel Progetto CARG circa la rappresentazione più tenue del dato di profondità. In essa infatti, come già detto, non è prevista la presenza della geologia dell'emerso risultando così del tutto indifferente l'adesione alle norme stabilite. Va da se che la rappresentazione è comunque legata alla cronoscala definita nel Progetto e alla sua traduzione grafica riportata con il Manuale Cromatico pubblicato nel 2002 definita, si rammenta, da commissioni internazionali nel lontano 1881 e divenuta oramai lessico comune per le descrizioni degli aspetti geologici di un territorio. Per quanto riguarda invece elementi puntuali e lineari l'adozione sistematica della simbologia presente nel Q. 2 del 1996 adottando però il colore rosso (Pantone Warm Red n. 100000 del Manuale Cromatico) per tutte le linee tettoniche (faglie, sovrascorrimenti ecc.) com'era auspicato dal Servizio Geologico d'Italia all'epoca della definizione delle norme cartografiche del Progetto CARG (vedi colonne dei cromatismi nella "libreria dei simboli" del Q. 2 del1996).

## 5. La geologia marina nei primi fogli CARG.

Nonostante il mancato approfondimento delle modalità di applicazione delle norme presenti nel Q. 1del1992 circa la rappresentazione cartografica delle aree marine ricomprese nei fogli CARG alla scala 1:50.000, il Settore Cartografico ha dovuto cimentarsi con questo dato fin dai primi fogli pubblicati nella Collana Editoriale agli inizi del 2000. È necessario rammentare che all'epoca erano presenti solo le norme contenute nel Q. 2 del 1996, con la simbologia marina limitata a poche entità, e si stava per sperimentare l'uso del Manuale Cromatico per la Stampa delle Carte Geologiche, pubblicato in prima stesura nel 2001 e nel 2002 in versione definitiva. Allo stesso modo le modalità di rilevamento ed acquisizione del dato geologico sommerso erano ferme al Q. 1 del 1992 (già citate in precedenza) e la Banca Dati geologica si limitava, con il Q. 6 del 1997, all'inserimento delle sole informazioni deducibili dal Q. 2 con poche altre considerazioni non essendo ancora approfondita, in modo adeguato e coordinato, neanche la normativa per la rappresentazione del quaternario continentale. In questo quadro tuttavia lo stato di avanzamento di fogli del Progetto CARG e la necessità di fornire riscontri operativi ai Contraenti in tempi i più brevi possibile, hanno imposto una serie di

prime decisioni permettendo, sulla scorta di quanto indicato nel Q. 1, una prima concreta sperimentazione (peraltro proprio sul campo) base ed oggetto di affinamento nei successivi approfondimenti o meglio in altri fogli della Collana Editoriale. È da tener presente che solo nel 2009 sarà pubblicato il Q. 12 avente per oggetto, nel fascicolo II, proprio la sistematizzazione della geologia marina da rilevare e rappresentare nel Progetto CARG anche se, come si immagina, la gestazione di questa guida parte almeno dal 2006, con la costituzione della Commissione GLINT – gruppo di lavoro interno – per la sistematizzazione, aggiornamento ed implementazione della normativa del Progetto. Come si diceva pocanzi l'incombenza di risposta attesa da Contraenti del CARG ha invece imposto necessità molto più urgenti della sistematizzazione della normativa e così nei fogli n. 541 Jerzu e n. 549 Muravera, pubblicati nel 2001, sono state già assunte, in modo ovviamente sperimentale, le prime decisioni in merito. I due fogli tuttavia, pur registrando il primo approccio cartografico per la geologia sommersa, non sono e non possono essere indicati come esempio tipico da estendere ed applicare in altri possibili casi, perché sono relativi ad una limitata estensione dell'area sommersa peraltro pressoché a ridosso della costa.

Nello stralcio sud-est del foglio n. 549 Muravera in loc. Capo San Lorenzo (vedi Figura 7) è ben visibile la scelta operata sui cromatismi che, in parziale accoglimento di quanto indicato nelle norme del Q.1 – medesimo colore di terraferma in rigato orizzontale (vedi sopra ndr) – è effettuata

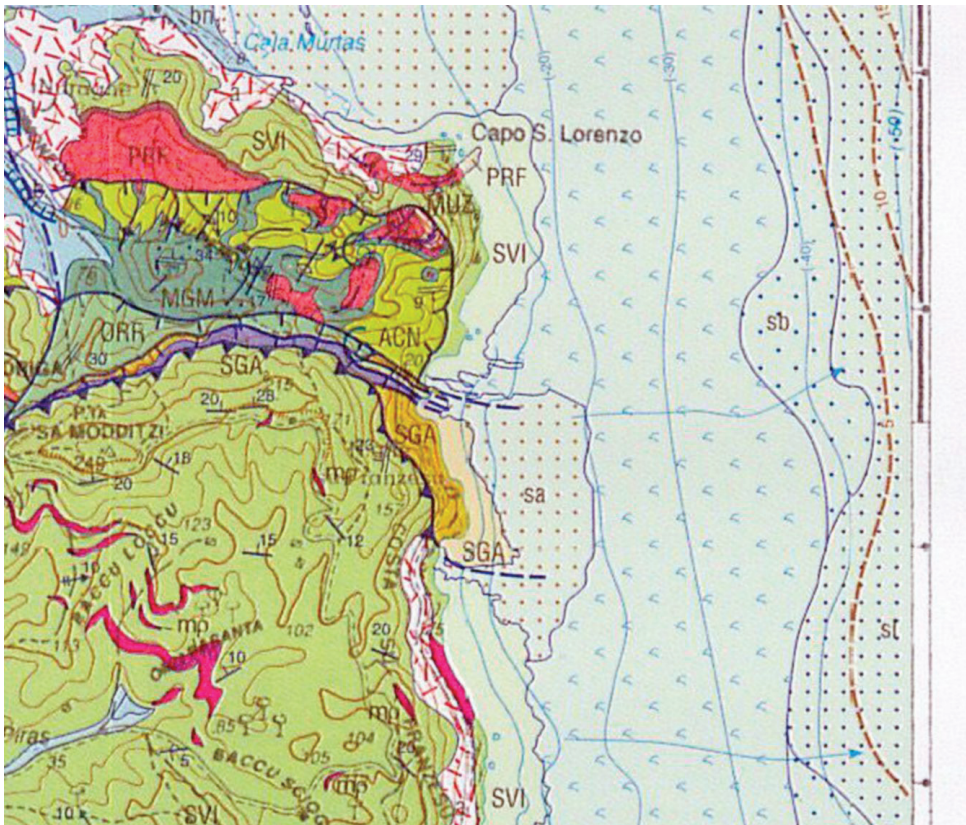



*Fig. 7 – Stralcio del Foglio geologico n. 549 "Muravera" del 2001*

con variazione del tono, ovviamente verso il più chiaro, dello stesso timbro cromatico utilizzato nell'emerso. Così sono chiaramente riportate le formazioni SVI e SGA che proseguono sommerse verso est, come proseguono in mare le faglie ed i sovrascorrimenti divenendo però informazione incerta (tratteggio) di tipo generico. Da notare che nello stralcio presentato, ancorché precedente la pubblicazione definitiva del Manuale Cromatico, compaiono le distinzioni tra i vari tipi di sedimenti superficiali sommersi, in questo caso diversi tipi di sabbia taluni di piattaforma (sa; sb; sl) e la "Prateria a Fanerogame" all'epoca non ancora ufficialmente presente nella libreria dei simboli del Q. 2 del 1996. Nel complesso è già evidente e confermato uno degli obiettivi cartografici fatti propri anche dal Settore Cartografico del Servizio Geologico d'Italia, di mantenere la corretta visibilità della linea di costa proprio con l'abbassamento dei toni per la descrizione del dato geologico della parte sommersa. L'allestimento cartografico dei due fogli è stato effettuato dal Laboratorio di Cartografia Digitale e GIS dell'Università degli studi di Siena con il Coordinamento cartografico di D. Tacchia ed F. Pilato del Servizio Geologico d'Italia.

Nel 2005 vengono pubblicati i Fogli n. 256 "Rimini" e nn.240/241 "Forlì-Cervia" (doppio), quest'ultimo con allestimento cartografico di A. Angelelli, S. Forni, S. Scappini per la Regione Emilia Romagna; Coordinamento cartografico D. Tacchia, V. Pannuti del Servizio Geologico d'Italia, tutti e due con ampia area di mare anche se, dal punto di vista delle informazioni cartografiche delle aree sommerse, sono tutt'altro che significativi tenuto conto della limitata particolarità del bacino adriatico. Piuttosto significativo invece il foglio n. 248 "La Spezia", sempre del 2005, per l'approccio ai "Sistemi deposizionali", con allestimento cartografico curato da P. Falorni, D. Morelli, E. Abbate, F. Fanucci, M. Costa, M. Papini per la Regione Liguria; Coordinamento cartografico D. Tacchia, S. Falcetti per il Servizio Geologico d'Italia, da poi ripresi e meglio approfonditi nella normativa del Q. 12 fascicolo II°. Una vera particolarità per la sperimentazione della rappresentazione cartografica della geologia sommersa è stata invece la pubblicazione, nel 2007, dei fogli della Carta Geologica d'Italia n. 128 Venezia (Figura 8) e nn. 148-149 Chioggia-Malamocco, ambedue con allestimento cartografico di R. Campana della Regione Veneto e con Coordinamento cartografico di D: Tacchia e V. Pannuti, in cui sono ricomprese ampie aree di laguna. L'esperienza fu particolarmente utile per la necessità di testare su diverse prove di stampa la corretta differenziazione dei cromatismi presenti nella terraferma e nel sommerso. In questi fogli peraltro è stata recuperata la possibilità, per aree limitate, di utilizzare

*Fig. 8 – Stralcio del Foglio geologico n. 128 "Venezia" alla scala 1:50.000 del 2007*

il timbro scelto in rigato alternato al "bianco carta", per ampliare ancora di più le gamme cromatiche indispensabili a rispondere al meglio alle necessità descrittive del dato geologico.

Come si nota, nonostante l'assenza di una normativa organica e definita, almeno nei suoi aspetti principali, la pubblicazione dei Fogli del Progetto CARG è sistematicamente utilizzata per affinare le indicazioni che man mano si vanno raccogliendo anche per le aree marine. Queste decisioni sono sollecitate in gran parte dalla necessità e dall'urgenza di rispondere ai Contraenti esterni evitando di interrompere od allungare inopportunamente, l'iter stabilito nelle varie Convenzioni ed Accordi di Programma con cui sono stati ad essi affidati i vari Fogli geologici. Molte le soluzioni derivate da queste esperienze, poi divenute parte essenziale della normativa. Ad esempio la divisione obliqua del tassello di legenda con riportati i due timbri geologici scelti con la precisazione, a lato, "emerso" oppure "sommerso"; od anche la posizione in legenda della simbologia puntuale e lineare marina, inserita nella posizione prevista per quella geologica della medesima tipologia integrandone ed ampliandone i contenuti. Prima della definitiva pubblicazione delle norme, è stato indicato come preferito l'inserimento in legenda delle descrizioni valide per le aree sommerse nei vari periodi cronologici previsti per le aree emerse (poi ripreso nelle norme); nel caso in cui il dato marino era fornito non contestualmente all'emerso, è stata lasciata la possibilità di riservare un apposito spazio successivo la descrizione geologica di terraferma.

## 6. La rappresentazione della geologia marina nelle norme del Q. 12/2009

Come già detto in precedenza, è solo con la pubblicazione del Quaderno n. 12 del 2009 che si arriva ad una vera sistematizzazione sia dei criteri (e dei contenuti) oggetto di rilevamento (fascicolo II°) che del necessario aggiornamento della Banca Dati geologica e, contestualmente, delle modalità rappresentative delle informazioni geologiche sotto il livello del mare (fascicolo I°). Per quanto riguarda la Banca Dati la necessaria rivisitazione, aggiornamento ed integrazione della tabella 3000 relativa ai "caratteri tessiturali" integrata di 11 nuovi elementi (combinazioni diverse tra argilla – limo – pelite – sabbia e ghiaia già descritti in precedenza) ed il ben più consistente ampliamento della tabella 4000 con l'introduzione dei cosiddetti "ambienti", ovviamente deposizionali, e dei "depositi" necessari e richiesti specificamente dalla geologia marina (Q. 12 pagg. 102 e 104). Per gli aspetti propri della rappresentazione cartografica la consistente integrazione delle simbologie presenti nel Quaderno n. 2 del 1996 con circa 58 nuovi simboli tra puntuali, lineari ed areali e ben 36 soprassegni da utilizzare, nella quasi totalità, nella descrizione e qualificazione dei depositi superficiali sommersi (vedi Figura 9). La questione non è stata di poco conto e non solo per gli aspetti quantitativi, perché intervenire con nuovi elementi su una libreria già organizzata, ha comportato il riappropriarsi dei criteri a suo tempo utilizzati per definire standard grafico-editoriali ed il conseguente riallineamento alle procedure operative necessarie alla definizione dei nuovi singoli elementi. Questo per essere certi da una parte della loro corretta integrazione con i preesistenti in termini almeno di "logica costruttiva" dall'altra facendo proprie le "scale" utilizzate evitando inappropriati "salti grafici" tra medesimi elementi contemporaneamente contenuti nella generica carta. Rammentiamo che quasi sempre i simboli adottati in geologia hanno, peraltro, un lessico proprio storicamente determinato e tramandato ("l'icona caratteriale" già descritta nel Q. 2 del 1996 – par. 2.3. pag. 19 e succ.) dal quale ovviamente non si può prescindere nella costruzione od introduzione di nuovi elementi.

Anche quello descritto è uno degli elementi fondamentali entrati nella definizione dei simboli cartografici per la geologia marina che è stata pertanto allineata, ove l'informazione geologica del fenomeno era in qualche modo equiparabile, a quella per le aree emerse. Così ad esempio il "deposito di frana sottomarina" (St 018 – g17 item tipo 9050 pag. 59 Q. 12) adotta lo stesso graficismo

del “deposito di frana” delle aree emerse (St 018 – a1 – item tipo 1060 pag. 54 Q. 12) ripetendone il cromatismo (Pantone red032 al 50% n. 100050 del Manuale Cromatico del 2002) indice evidente di una equivalenza pressoché indiscussa. Secondo la descritta modalità operativa i simboli che hanno medesimo significato scientifico dal punto di vista geologico vengono rappresentati, se già presenti, come quelli per le aree emerse ivi compreso il cromatismo (faglie; sovrascorrimenti ma anche pozzi, sondaggi ecc.). Quelli invece che, pur descrivendo medesimi elementi della parte a terra – ad esempio le ghiaie; le sabbie e simili – hanno necessità di essere distinti se sommersi, adottano le medesime icone e la stessa dimensione della struttura di trama ma con colore più tenue dell’emerso – in questo caso il Pantone Process Blue 2 al 70% n. 090070 del Manuale Cromatico del 2002 (confronta “caratteri tessiturali parte a terra” pag. 62 Q. 12 St 018 – “G, ghiaia” e seguenti con quelli della “parte a mare” pag. 63 Q. 12 St 018 – “mG, ghiaia” e seguenti ). La conclusione di questo consistente e per molti versi sensibile lavoro di “aggiornamento nell’integrazione” di quanto già in uso, effettuata, come detto, con gli stessi criteri compositivi, organizzativi e strutturali dei simboli oramai consolidati per le aree emerse, è insito nella pubblicazione della simbologia con il Q. 12 fascicolo I° del 2009 (Par. 3. Libreria dei simboli pagg. 29 – 78). I nuovi elementi, introdotti ove possibile con il titolo delle varie schede con la dizione “parte a mare”, sono individuabili anche attraverso la numerazione assegnata dalla banca dati geologica con valore dell’item “tipo”, se non presente nel Q. 6 del 1997, maggiore di 9000.

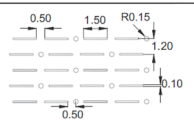
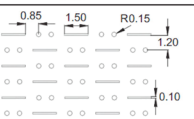
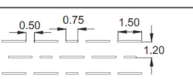
**strato18 - poligoni - *unità cartografabili geologiche - caratteri tessiturali parte a mare***

| valore BD item “tessitura” | descrizione | simbolo alla scala della carta | specifiche dimensionali | genesi | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | marina | | | |
| mB | blocchi | | 0.20; B; A; B=A x 0.70 | Process blue2 70% | | | |
| mAS | argilla sabbiosa | | 0.50; 1.50; R0.15; 1.20; 0.10; 0.50 | | | | |
| mSA | sabbia argillosa | | 0.85; 1.50; R0.15; 1.20; 0.10 | | | | |
| mAL | argilla limosa | | 0.50; 0.75; 1.50; 1.20 | | | | |

*Fig. 9 – Nuovi simboli previsti nel Q. 12 per le descrizione delle tessiture della parte a mare*

## 6.1. Aggiornamento della linea di costa

Tra le operazioni di aggiornamento delle norme di rilevamento, banca dati e simbologia necessarie per la cartografia geologica delle aree marine, non possiamo dimenticare alcuni problemi sollevati da talune particolari necessità di corretta restituzione del dato rilevato, in questo caso proprio il limite che divide il sommerso con l’emerso. Il problema si pone quasi sempre a causa del mancato

aggiornamento della base topografica dell'IGM utilizzata nella Carta Geologica Ufficiale di Stato perché proveniente da uno dei 5 Organi Cartografici Ufficiali. Dal punto di vista scientifico è richiesto di evidenziare, come si intuisce, eventuali arretramenti od ampliamenti rispetto a quella presente sulla base topografica disponibile, modificando la collocazione delle informazioni dall'emerso al sommerso e viceversa. Diventa pertanto necessario definire una nuova linea di costa tra i limiti dei rilevamenti riportati, derivati oramai, con sempre maggior frequenza, dalla carta tecnica regionale alla scala 1:10.000, spesso molto più recente della carta dell'IGM. Si tratta comunque più spesso di quanto si immagina, di arretramenti ed ampliamenti graficamente chiaramente apprezzabili anche alla scala della Collana Editoriale. La cartografia Ufficiale del Servizio Geologico d'Italia non può non trovare una soluzione alla questione ma essa, in apparenza di semplice soluzione, apre problemi tutt'altro che secondari. La linea di costa infatti è definita da quella presente nella base topografica ufficiale fornita dall'IGM con ovvia impossibilità di modifica o alterazione della stessa anzitutto per la salvaguardia del dato per come esso è fornito ma anche per il rispetto delle competenze dell'Ente fornitore. Pur nella garanzia della corretta geometria e del posizionamento geografico dell'evoluzione intervenuta, appare prevalente la necessità di fornire le informazioni geologiche nei limiti di quanto effettivamente rilevato utilizzando, e non potrebbe essere altrimenti, il bordo definito dalla nuova linea di costa presente nella carta utilizzata per il rilevamento (spesso la Carta Tecnica Regionale). La combinazione tra salvaguardia del dato fornito e l'aggiornamento richiesto ha suggerito la scelta di mantenere la linea di costa presente nella base topografica IGM (con la preferenza ove coincidente di lasciare quella IGM) riportando quella dedotta dal nuovo rilevamento, perimetro peraltro anche di area geologica, con una linea nera sottile ben distinta da quella cyan presente nella base ufficiale IGM, ripresa integralmente sulla matrice “Idrografia”, e comunque distante dal “Blu Reflex” del generico limite geologico. Questa decisione comporta che le campiture delle formazioni geologiche terminano nella nuova linea di costa, facendo propria la possibilità che esse, ove necessario, finiscono per sovrapporsi alle aree marine della base topografica ufficiale dell'IGM, in caso di ampliamento, oppure trasformano una porzione di superficie emersa nella stessa base topografica in una con geologia sommersa, in caso di intervenuto arretramento della costa. Nei due possibili casi è data la priorità, e non poteva essere altrimenti per la tipologia di carta attesa, all'informazione geologica, anche accettando l'impropria possibile presenza di elementi della base topografica non rispondenti a quanto effettivamente riscontrato al momento della raccolta del dato geologico.

## 6.2. I cromatismi per la geologia sommersa

È noto che la carta geologica fonda gran parte delle modalità cartografiche di rappresentazione delle informazioni in essa contenute, con l'adesione ad una scala cromatica di riferimento, legata all'età dei periodi geologici, decisa come ricordato, in termini base, nel II° Congresso Internazionale di Geologia tenuto a Bologna nel lontano 1881 ma oggi riconosciuta a livello internazionale. Rinviando per l'eventuale approfondimento al Quaderno n. 11 del 2007, in cui la questione viene affrontata in modo più ampio, è evidente che anche la geologia marina deve confrontarsi con questa metodologia di rappresentazione, divenuta oramai lessico riconosciuto. È questo il problema cartografico che si è rivelato più complesso da affrontare, comportando la definizione di precisi indirizzi, già adottati per l'emerso, per la scelta dei cromatismi da attribuire alle aree geologiche sommerse. Come noto peraltro, la raccolta di questo dato è quasi sempre molto più onerosa di quello delle terre emerse, essendo legata ad attività di sondaggio o ad immersioni con macchine e strumenti di ben altra complessità di quelli di terraferma. A maggior ragione queste informazioni non possono non far parte integrante della carta geologica oggetto di stampa (non solo raccolte e conservate per la consulta-

zione digitale), perché con esse viene ampliato, integrato e dunque completato il quadro scientifico di conoscenze in modo certamente più adeguato di quello fornito per il solo emerso per l'area che si vuole descrivere. Anche in parte per questi motivi, la questione delle modalità rappresentative, ha avuto internamente al Servizio Geologico un significativo dibattito, confrontando due principali direttrici ciascuna con una propria tesi tutt'altro che priva di ragioni oggettive. Da un lato le esigenze di continuità del dato scientifico, con medesime tipologie di terreno rilevate sia nelle aree emerse che nelle sommerse, e quindi con eguaglianza di rappresentazione per i due casi (medesimi cromatismi), e dall'altra quella di segnalare comunque la presenza di elementi topografici di rilevante interesse, quali appunto la presenza di acqua. Nella cartografia topografica di base questa presenza (di fatto resa trasparente dalla possibilità di leggere il fondo marino o del lago) è risolta semplicemente con il cambio di colore: il bistro delle isoipse nell'emerso ed il cyan delle batimetriche del sommerso. Il dover invece evidenziare la presenza o meno di acqua descrivendo contestualmente la tipologia di suolo rilevata, complica non poco la soluzione oggetto di normativa. Tenuto conto che molti dei fogli geologici italiani della carta alla scala 1:50.000, secondo il taglio derivato dalla collana topografica dell'IGM alla stessa scala, comprendono porzioni più o meno ampie sia di aree marine che di specchi d'acqua spesso di rilevante superficie (laghi, lagune, ecc.), l'adozione di una soluzione appropriata, appare senz'altro di significativo interesse. Come detto però la scelta non potrà non tener conto del fatto che il Servizio Geologico d'Italia è stato uno dei fautori della scala cromatica riconosciuta a livello internazionale e che essa è stata adottata fin dalla sua nascita nella cartografia prodotta. Per questo motivo la rappresentazione della tipologia geologica delle aree sommerse non può non seguire, in sede di stampa, lo stesso trattamento delle emerse, adottando anche per questa tipologia di dato geologico, la descritta convenzione internazionale che, si rammenta, lega il cromatismo scelto per la rappresentazione in carta con il periodo geologico della cronoscala in cui viene collocata dal rilevatore l'area oggetto di rappresentazione.

Il dibattito riferito ha portato alla soluzione cartografica poi adottata nel Progetto CARG, descritta nel Cap. 4.6. "Uso dell'impianto colori per aree marine" pag. 47-48 e meglio approfondita nel par. 4.6.2. del Quaderno n. 11 del 2007, assunta anche sulla scorta delle indicazioni fornite dal Quaderno n. 1 del 1992, riportate in precedenza, di mantenere il timbro di cronoscala utilizzato nel generico periodo geologico, riportandolo però con una attenuazione del tono, se relativo ad aree sommerse, superiore almeno al 50%, come aggiunto dal Q. 11, di quello scelto per le aree emerse del medesimo periodo geologico. Invero è questa una scelta che nasce, come credo evidente in questo scritto, dalla esperienza diretta compiuta sulle varie carte sull'argomento che sono state pubblicate nel corso degli anni. Si potrebbe dire che essa non è altro che la logica conseguenza, quasi un atto dovuto, dei risultati ottenuti "sul campo" con ben poche altre considerazioni se non quelle di affinamento del trattamento dei cromatismi inserendo, tra le varie molteplici giustapposizioni che deve operare il cartografo in sede di redazione dell'elaborato – cartaceo o digitale –, anche quelle necessarie per le aree marine. È tuttavia una scelta che media tra le volontà scientifiche di carattere geologico che, come detto, vorrebbero una logica continuità cromatica con le terre emerse (ancorché in contrasto con le riportate indicazioni fornite dagli stessi geologi sul Q. 1 del 1992), con quelle di carattere prettamente cartografico, che puntano a garantire anche la leggibilità degli elementi significativi della base topografica, quali appunto la presenza del mare, del lago o di altri specchi d'acqua, ritenuti assolutamente significativi e rilevanti nella corretta lettura ed orientamento, in fase di consultazione, della carta pubblicata e delle relative interpretazioni del dato fornito.

L'assunzione di questa determinazione normativa non è altro che l'inizio del processo elaborativo della carta con presenza di aree marine; senza questa norma non ci sarebbero sviluppi possibili

ma la sua sola presenza apre molti scenari operativi, moltiplicando le già complesse valutazioni che il cartografo deve seguire in sede di redazione dell'informazione da divulgare. Lungi dal poter essere esaurienti in questo scritto, essa ha conseguenze dirette ed indirette su una serie rilevante di questioni cartografiche e sullo stesso iter di allestimento alla stampa del foglio geologico. Di queste quella più significativa è quella che si ritrova nella costruzione dell'impianto colori del singolo foglio geologico. Nello schema, da redigere secondo la scheda allegata al Q. 11, si dovrà considerare che la scelta di un determinato timbro del Manuale Cromatico per l'emerso dovrà essere valutata anche in considerazione delle variazioni di tono, prefissate dello stesso Manuale nelle tre possibili percentuali del 10, 30 o 50% di intensità, qualora il medesimo dato geologico compare nel sommerso. Questa operazione cartografica è molto più complessa di quanto si immagina perché l'indicazione da seguire determina una consistente riduzione dei timbri cromatici più tenui a vantaggio dell'area marina, con conseguenze dirette anche nella scelta compositiva della cronoscala per l'emerso, e con la limitazione, per quanto si dirà in seguito, di non poter utilizzare timbri con ribattiture, pure previsti nel Manuale per ampliare maggiormente le differenze percentuali di base. È richiesta e necessaria una specifica professionalità del cartografo, certamente più che sollecitata in questa operazione, per districarsi ed essere artefice delle scelte dipendenti da molti fattori, ognuno peraltro sia con una propria specifica valenza che in ragione della relazione con gli altri. Guida questo iter, da verificare di volta in volta durante la sua crescita anche con apposite prove di stampa a plotter (evitando di fidarsi eccessivamente di quanto leggibile dal video del computer in uso), la necessità di mantenere la corretta "cartografabilità" delle informazioni secondo le indicazioni racchiuse nel titolo del par. 4.1.3. del Q. 11 in cui sono descritte le "finalità prioritarie", per il corretto uso del Manuale Cromatico, sinteticamente riconducibili alla "leggibilità, riconoscibilità ed identificabilità delle aree – geologiche ndr – con medesima sigla". Quanti si sono cimentati in questo iter possono certamente testimoniare che il raggiungimento dell'atteso scopo non è per nulla semplice neanche nel solo emerso, spesso supportato da ampia e copiosa documentazione cartografica storica di riferimento. Lasciamo immaginare di quanto aumenta la difficoltà cartografica in presenza di geologia di aree marine anche perché si tratta, con frequenza e per le maggiori estensioni, di terreni di recente formazione nella cronoscala geologica e quindi con tinte cromatiche per se stesse già molto tenui del Manuale, colori superiori (più recenti) del Pliocene. Ricordiamo qui che contestualmente alla decisione sulle gamme cromatiche della cronoscala, il medesimo consesso internazionale del richiamato II° Congresso Internazionale di Geologia di Bologna del 1881, ha anche stabilito che alla variazione dell'intensità chiaroscurale è affidata una precisa informazione nella cartografia geologica, rappresentando con toni più chiari terreni più recenti. Nell'esame dei cromatismi per la stampa delle carte geologiche, appare ben chiaro che gran parte delle formazioni delle aree geologiche sommerse deve essere rappresentata sostanzialmente con i colori "verde – acqua marina" previsti per l'Olocene (periodo geologico attuale) che possono essere distinti, in modo più visibile, solo con la maggiore o minore percentuale della componente di giallo facendo variare il colore da un lato verso l'azzurro (timbri dallo 01 allo 03 della cronoscala del Manuale Cromatico) dall'altro verso il verde (timbri dallo 04 allo 07).

Il risultato di questa soluzione può essere apprezzato nei citati Fogli n. 256 "Rimini" (vedi Figura 10) e nn. 240/241 "Forlì-Cervia" in cui l'area emersa è del medesimo periodo geologico del sommerso ma la variazione cromatica è attuata con la scelta di timbri con percentuali differenti di CMYK compresi tuttavia nello stesso periodo (stacco cromatico tra poligoni contigui la linea di costa). Come si nota si parla comunque di variazioni percentuali di colori di base perché per le aree marine è di fatto impossibile, come accennato in precedenza, utilizzare timbri del Manuale Cromatico con ribattiture o figurati (rigati, puntinati ecc.) a causa della presenza, pressoché generalizzata per il

sommerso, delle trame riservate alle "tessiture dei sedimenti" superficiali che, combinandosi con i primi, potrebbero originare inopportuni "moirè" sulla carta stampata. È una limitazione tutt'altro che secondaria per il cartografo in quanto obbliga all'uso delle sole 5 variazioni cromatiche ammesse nel Manuale, non potendo contare su ben 51 delle variazioni previste per il singolo timbro della crono-scala. In un primo momento è stata sperimentata la possibilità di uso dei timbri percentuali con rigato a bande larghe poi rivelatasi pressoché inutile nella maggioranza dei casi e per questo riservata solo a specifiche particolarità. La questione, infatti, è fortunatamente bilanciata, dal lato scientifico, dalla limitazione delle distinzioni dello specchio d'acqua compreso nel foglio alla scala 1:50.000 che, almeno a vedere le prime sperimentazioni effettuate in merito, quasi mai superano in media le 5 unità da differenziare (esclusi ovviamente gli affioramenti sommersi di formazioni presenti in terraferma). In sintesi dunque la variazione per i dati geologici presenti nell'emerso può fondarsi esclusivamente sui medesimi cromatismi attenuati del 50% per quelli del sommerso, potendo contare solo sulla diversa percentuale cromatica del medesimo timbro, escludendo a priori la possibilità di accedere a qualsiasi ribattitura inutilizzabile per gran parte delle informazioni geologiche del sommerso. Tornando proprio ai "caratteri tessiturali della parte a mare" la loro importanza, contestualmente alla informazione sull'età della formazione di base, è ben testimoniata dalla introduzione di apposite schede simboli nel Q. 12 del 2009 (vedi nella Libreria le pagg. 63-65) addirittura con propria sigla preceduta da "m" per permettere la collocazione nel sommerso. Queste tessiture sono tuttavia relative a tipologie in parte note per l'emerso (ghiaia, sabbia ecc.) e dunque la loro rappresentazione grafica segue, e non poteva essere altrimenti, le "icone caratteriali" già usate nella terraferma (cerchio per la ghiaia, punto per la sabbia ecc.). Si è scelto invece in normativa di variare il cromatismo proponendo per essi, come già detto, uno specifico colore, il Pantone Process blue 2, da utilizzare al 70% (in contrapposizione al 100% per l'emerso) per la loro rappresentazione in stampa (n. 080070 notazione numerica del Manuale Cromatico come indicata nel Quaderno n. 11/2007 nella Tav. 22 pag. 106).

*Fig. 10 – Stralcio del Foglio geologico n. 256 "Rimini" alla scala 1:50.000 del 2005*

Data la complessità delle operazioni da effettuare da parte del cartografo e tenuto conto della relativa sperimentazione condotta sulla cartografia geologica delle aree marine, non è stato possibile descrivere, almeno per questa prima fase, precise norme comportamentali da adottare in particolare

nell'applicazione dell'attenuazione del cromatismo per aree sommerse. Come indicato nel Q. 11 del 2007, a livello tuttavia sommario, molto dipende anche dal timbro cromatico oggetto di variazione avendo effetti ben diversi in relazione alla saturazione ed intensità del timbro di base. Nella descrizione normativa è citata l'attenuazione del 50% come limite minimo, essa va intesa però come generica soglia di riferimento ritenuta tuttavia indispensabile per apprezzare visivamente la variazione necessaria. Nel Q. 11 del 2007 si precisa, anche a seguito delle prime sperimentazioni, che in presenza di timbri intensi in terraferma questa percentuale potrà avvicinarsi anche al 10% (la minore prevista nel Manuale Cromatico) perché la contiguità dei due timbri, divisi dalla sola linea di costa, permette di intuire la logica continuità in mare, della stessa formazione geologica in emerso. Invece in presenza di timbri tenui, che, come detto, sono la maggioranza nell'informazione geologica marina, questa indicazione potrà risultare solo parzialmente efficace, essendo difficilmente apprezzabile la variazione percentuale magari già ai limiti del 30% con la sola possibile introduzione della restante 10% prevista nel Manuale. In questa seconda ipotesi il cartografo non potrà far altro che costruire l'Impianto colori del singolo foglio preferendo l'aumento di intensità delle aree emerse, adottando ad esempio il previsto 70% in luogo del 50 e del 50% invece del 30 ferma restando la scala chiaroscurale delle intensità, per ottenere un certo margine nella scelta dei cromatismi delle aree sommerse, tenuto conto che percentuali inferiori al 10%, minime del Manuale Cromatico, non risulterebbero visivamente apprezzabili in sede di stampa. A causa della evidente difficoltà nell'applicare la normativa, non poteva non essere indicata come necessaria ed obbligatoria l'approvazione definitiva dell'impianto colori proposto per il singolo foglio, da parte dei cartografi del Servizio Geologico d'Italia, nell'ambito delle funzioni di coordinamento per la stampa dei fogli geologici alla scala 1:50.000 del Progetto CARG (acronimo si rammenta di CARtografia Geologica), garantendo in questo modo l'attesa continuità territoriale nella rappresentazione delle informazioni scientifiche di carattere geologico.

## 7. Breve nota sulla prima applicazione della normativa in un foglio di area marina

La definizione della normativa per la geologia delle aree marine dal rilevamento ed acquisizione dei dati alla definizione ed integrazione della Banca Dati fino alla messa a punto della simbologia e delle decisioni circa i cromatismi per la sua rappresentazione cartografica, ha comportato un notevole lavoro di diverse professionalità interessate all'argomento. I necessari tempi per la sua predisposizione hanno permesso tuttavia di verificare talune delle decisioni man mano assunte, come già cennato, su diverse carte proprio del Progetto CARG di cui si seguivano contestualmente gli iter di allestimento alla stampa. Nel Foglio n. 486 Foce del Sele poi stampato nel 2009 è possibile verificare la prima indicazione, ovviamente sperimentale, circa i timbri cromatici attribuiti agli elementi lineari e puntuali della nuova normativa in corso di redazione per la geologia marina, mentre nel Foglio nn. 258-271 San Remo (vedi Figura 11), stampato nel 2010 ma con iter di approvazione cartografica propedeutico alla pubblicazione del Q. 12 del 2009, compaiono molti dei simboli poi definitivamente adottati nella nuova normativa.

Il Servizio Geologico d'Italia sta predisponendo direttamente un primo foglio con uso integrale della nuova normativa per la geologia delle aree marine, il Foglio n. 413 Borgo Grappa/Isole Ponziane con estesa geologia sommersa che circonda le citate Isole oltre una limitata porzione di litoranea laziale. Prima di trattare sinteticamente iter ed esperienza sull'allestimento del citato foglio è bene ricordare che, come indicato all'ultimo capoverso del cap. 1.4. "Contenuti della carta" pag. 10 Quaderno n. 12 fascicolo II° del 2009, la cartografia geologica delle aree marine prevede che si rappresentino nel Foglio geologico:

- Dati batimetrici.
- Tipologia e ubicazione dei campionamenti e delle indagini geofisiche.
- Dati e sintesi stratigrafiche derivanti dall'analisi sismo-stratigrafica.
- Caratterizzazione sedimentologica e stratigrafica dei fondali
- Dati e sintesi del substrato roccioso rapportati alle aree emerse
- Dati tettonici
- Dati morfologici.

Per quanti vogliono approfondire, dal punto di vista scientifico, i contenuti dei singoli argomenti indicati, si rinvia al citato Q. 12 fascicolo II° pagg. 10-14, limitandosi nel presente scritto a circoscrivere la trattazione ai soli aspetti cartografici. In primo luogo la necessità di rapportare molti degli elementi descritti nel proprio "ambiente deposizionale" introdotto, o meglio affrontato organicamente, nella normativa CARG delle aree marine come elemento caratterizzante questa particolare informazione scientifica. Nell'affrontare pertanto la semplificazione delle citate informazioni necessarie nella rappresentazione cartacea alla scala 1:50.000 delle aree tematiche del paesaggio marino italiano, sono state evidenziate le diversità dell'ambiente deposizionale sommerso, attraverso una diversa scelta cromatica. Tenuto conto che nella tab.1 – "Schema dei sistemi e delle facies associate" del Q. 12 fasc. II° pag. 13, sono presenti 5 "Ambienti deposizionali", ancorché non necessariamente tutti presenti nel singolo foglio, appare evidente che per essi non potrà essere utilizzata la sola differenza di tono ma dovrà ampliarsi, se non preferire, la scelta anche di altri timbri cromatici del Manuale, almeno per le maggiori differenze riscontrabili. Quanto descritto è tanto più necessario perché all'interno dell'ambiente deposizionale possono essere presenti anche diverse tipologie di terreno, cui si

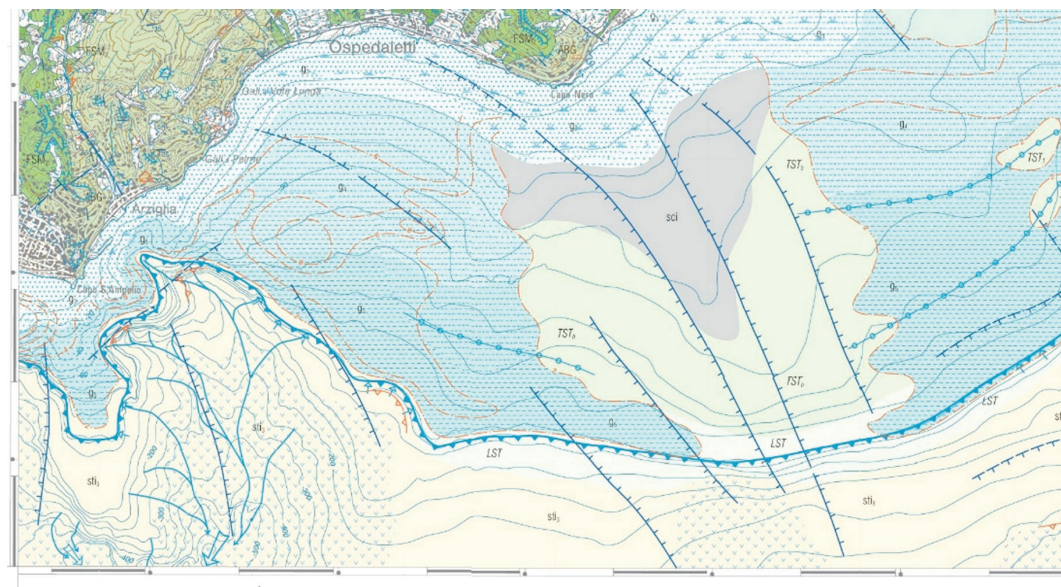



*Fig. 11 – Stralcio del foglio geologico n. 258-271 "San Remo" alla scala 1:50.000 del 2010*

associa, per ciascuna diversità, una tonalità cromatica minore o maggiore ma sempre all'interno del timbro usato per la diversificazione dell'ambiente deposizionale marino, che resta, come si intuisce, l'elemento discriminante per una corretta lettura del dato scientifico. Tuttavia queste diversità possono anche essere rappresentate da un diverso carattere tessiturale (cerchi per la ghiaia, punti per la sabbia ecc.) con notevole semplificazione della soluzione cartografica. Attraverso lo studio del materiale a disposizione per il citato foglio in allestimento, è stato possibile evidenziare, infatti, la notevole semplificazione del tema sfruttando proprio la caratterizzazione tessituriale della composizione del terreno, confortati, nel caso in esame, anche dalla possibilità di utilizzare "retinature" in una rappresentazione topografica ancorché limitata dell'area oggetto di rappresentazione. Proprio approfondendo questo approccio si è rilevata importante anche la possibilità di rappresentare le diversità delle granulometrie sfruttando la nota combinazione grafica dei diversi temi di base che sono stati associati alle varie tipologie già ricordate di ghiaia, sabbia, argilla ecc.. Tuttavia la scelta cromatica dei diversi paesaggi marini, anche per questo Foglio geologico, è stata dettata dalla necessità di rendere leggibile la diversità con l'ambiente emerso, secondo le indicazioni scaturite dalle descritte esperienze precedenti. Taluni timbri cromatici sono stati assegnati in modo che si accostassero alla realtà cartografica del dato del mare, in questo facilitati dalla rappresentazione topografica certamente molto limitata e

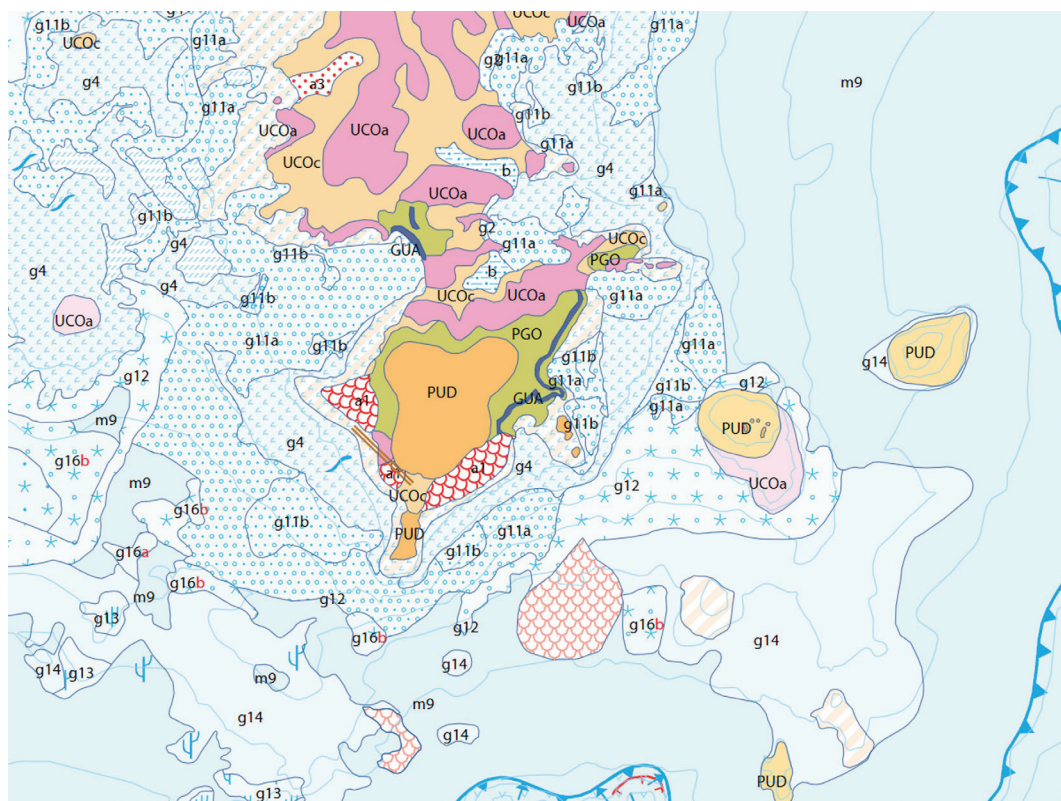



*Fig. 12 – Stralcio della restituzione cartografica di alcune informazioni del foglio geologico n. 413 "Borgo Grappa – Isole Ponziane" alla scala 1:50.000 in corso di allestimento alla stampa*

semplificata delle aree sommerse (prive ad esempio di toponimi). Va da se che, per quanto più volte descritto, la rappresentazione dei fondali rocciosi affioranti, ove possibile, sono correlati con quelli su terra emersa, usando una percentuale del medesimo timbro cromatico, se riconosciuti identici dal punto di vista geologico (risultati apprezzabili in Figura 12). Pur essendo prevista in normativa la possibilità di rappresentare la "Carta del sottofondo" par. 1.5.2. Q. 12 fasc. II° (tuttavia non obbligatoria contrariamente a quanto invece normato per la scala 1:250.000) ed eventuali "Carte accessorie" par. 1.5.3. Q. 12 fasc. II° esse non sono state previste in questa descritta prima esperienza e la loro sperimentazione è, evidentemente, rinviata ad altri possibili allestimenti.

Infine per quanto riguarda la composizione dell'inquadratura marginale del foglio geologico (vedi impostazioni di base nella carta allegata al Q. 2 del 1996) con annessa parte marina, le unità andranno comunque inserite cronologicamente nella legenda geologica secondo la preferenza normativa di integrazione e completamento del dato sommerso con quello emerso (utilizzando, se del caso, il citato tassello diviso in senso obliquo per emerso e sommerso) . Negli altri spazi resi disponibili dall'inquadratura marginale, in genere tuttavia con preferenza in prossimità delle collocazioni delle corrispondenti informazioni di terra, è ammessa la possibilità, per le simbologie, di comporre una legenda a parte specificando l'appartenenza dei segni convenzionali all'area marina; allo stesso modo è possibile comporre una legenda distinta per le tessiture del sommerso anche se già distinguibili, per quanto detto, dalla sigla preceduta dalla lettera "m". È prevista in ultimo la possibilità di inserire, a bordo carta, sezioni geologiche dell'area marina o anche tracciati sismici come restituiti dai vari strumenti di rilevamento utilizzati nella campagna oceanografica, ricostruzioni morfologiche del sottofondo e schemi stratigrafici semplificativi o comunque di compendio alla lettura del dato geologico rappresentato in carta.

## Bibliografia


Artioli G.P. *et alii* (1997) – *Carta Geologica d'Italia – 1:50.000 Banca dati Geologici – Linee guida per l'informatizzazione e per l'allestimento per la stampa dalla banca dati* – Quaderni serie III n. 6 – Servizio Geologico d'Italia. Roma.

Commission del la Carte Geologique du Monde CCGM (2005) – *Color Code according*, Paris, France (versione predisposta in CMYK) in: http://www.stratigraphy.org/codeu.pdf.

Commissione GLINT (2009) – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 Progetto CARG: Modifiche ed integrazioni ai Quaderni n. 2/1996* e *n. 6/1997* – Quaderni serie III n. 12 fascicolo I e fascicolo II – Servizio Geologico d'Italia. Roma.

Consiglio Nazionale delle Ricerche – Commissione per la cartografia geologica e geomorfologica (a cura del) – (1992) – *Carta Geologica d'Italia 1:50.000 – Guida al Rilevamento* in Servizio Geologico d'Italia, Quaderni serie III Vol. I°.

Cosci M., Falcetti S., Tacchia D. (1996) – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000: Guida alla rappresentazione cartografica* – Quaderni serie III n. 2 – Servizio Geologico d'Italia. Roma.

D'Angelo S., Ventura G. (a cura di) (2002) – *Carta Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:250.000: Guida al rilevamento* – Quaderni serie III n. 8 – Servizio Geologico d'Italia. Roma.

Ministero Industria Commercio e Artigianato – Direzione Generale delle Miniere – Servizio Geologico d'Italia (1968) – *Impianto generale dei colori per la stampa dei fogli geologici* – A cura del Capo Cartografo G. Ciccone con la collaborazione dei cartografi A. Pilato e A. Rulli.

RENEVIER E. (1881) – *Rapport du Comité Suisse sur l'unification de la nomenclature – Congres Geologique International de Bologne –1881* in Archives des sciences physiques et naturelles – 3 periode – tom. 5 1881: 497-512.

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA – PROGETTO CARG – GRUPPO DI LAVORO PER L'IMPIANTO COLORI (Progettazione a cura del) (2002) – *Manuale cromatico per la stampa delle carte geologiche* – Progettazione a cura del Gruppo di Lavoro per l'Impianto Colori; A. Angelelli; S. Forni (Regione Emilia Romagna); S. Falcetti; D. Tacchia (Servizio Geologico d'Italia); G. Marinelli (SystemCart – Roma); A. Persico (S.EL.CA – Firenze).

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA – CARTA GEOLOGICA D'ITALIA ALLA SCALA 1:100.000 (1967) – *Foglio geologico n. 183-184 Isola d'Ischia – Napoli* – Rilevatori A. Ducci; A. Rittmann; A. Scherillo; A. G. Segre; R. Sinno; Redazione A. G. Segre; Disegno: E. Cirese; Coord. cartografico: C. Gioria.

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA – CARTA GEOLOGICA D'ITALIA ALLA SCALA 1:500.000 in 5 fogli (1976-1983) – *Foglio geologico n. 3 (Italia centro – meridionale).* Servizio Geologico d'Italia. Roma – Redazione: B. Compagnoni; A.V. Damiani; M. Valletta (geologia terrestre); I. Finetti (geofisica delle aree marine); cartografia terrestre E. Cirese; S. Pannuti; F. Sorrentino; marina: S. Pannuti; C. Rigano; cartografia: S. Pannuti.

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA – CARTA GEOLOGICA DEI MARI ITALIANI ALLA SCALA 1:250.000 (2010) – *Foglio geologico NK 33 -1-2 "Ancona".* Servizio Geologico d'Italia. Roma – Responsabile del Progetto: E. Trincardi; Resp. del foglio di Superficie: A. Correggiari; Elaborazioni cartografiche E. Campiani; F. Foglini; A. Remia dell'Istituto di Scienze Marine – C.N.R., Bologna; coordinamento cartografico di D. Tacchia del Servizio Geologico d'Italia.

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA – CARTA GEOLOGICA D'ITALIA ALLA SCALA 1:50.000 – PROGETTO CARG (2001-2010) – *Fogli nn. 549 "Muravera" del 2001; n. 256 "Rimini" del 2005; n. 128 "Venezia" del 2007; nn. 258-271 "San Remo" del 2010.* Servizio Geologico d'Italia. Roma.

TACCHIA D. (2007) – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000: Manuale Cromatico di riferimento per la stampa delle Carte Geologiche* – Quaderni serie III n. 11 – Servizio Geologico d'Italia. Roma.

UNESCO-IUGS (2000) – International Stratigraphic chart (versione aggiornata reperibile nel sito: http://www.iugs.org/iugs/pubs/intstratchart.htm).

# TECNICHE DI RILIEVO 3D IN TERRITORI COMPLESSI CON ZONE AD ELEVATO RISCHIO IDROGEOLOGICO. CONDIVISIONE IN RETE DI DATASET AD ALTA RISOLUZIONE (DERIVATI DA DATI LIDAR)†

# *3D SURVEYING TECHNIQUES IN COMPLEX TERRITORIES WITH ZONES AT HIGH YDROGEOLOGICAL RISK. WEB SHARING OF HIGH-RESOLUTION DATASETS (DERIVED FROM LIDAR DATA*

**Giorgio Paolo Maria Vassena*, Tiziana Chiamone*, Raffaela Gabriella Rizzo*, Luca Simone Rizzo**, Paolo Tizzani*****

**Riassunto**

Uno dei principali effetti indotti dai cambiamenti climatici osservabili nel territorio nazionale è la localizzazione di fenomeni meteorologici di eccezionale intensità in aree ristrette. Accade che disastri naturali (quali alluvioni e inondazioni) stiano assumendo in molte zone d'Italia – ma non solo – una periodicità assai più elevata rispetto al passato. Il contributo descrive una prima applicazione di condivisione in rete di *dataset* ad alta risoluzione (derivati da dati LiDAR) impiegata in aree di studio della Regione Veneto caratterizzate da un significativo rischio idrogeologico, nonché dai conseguenti dissesti territoriali. Nello specifico la ricerca propone una nuova modalità di gestione di dati 3D (nuvole di punti, *mesh* ...), di trasmissione e di visualizzazione degli stessi via internet. Si ritiene che tale tecnologia possa essere considerata uno strumento di rapido supporto alle decisioni e al tempo stesso di archiviazione e consultazione *ex post* dei dati raccolti in fase critica. Il valore aggiunto desumibile dal primo caso *test* delle provincie di Verona e Vicenza (cfr. esondazioni dei Torrenti Tramigna, Alpone, Aldegà e Chiampo del 2010) risiede nella rapidità di integrazione tra il rilievo 3D dell'area oggetto dell'evento calamitoso e i diversi livelli informativi disponibili.

***Parole chiave:*** LiDAR, *laser scanner*, *point cloud*, *streaming*, rischio idrogeologico, *governance* territoriale, Regione Veneto

***Abstract***

*One of the main consequences of climate changes in Italy is the occurrence of meteorological phenomena of outstanding intensity in small areas. In many of them natural disasters (floods and flash*

† Il contributo è stato realizzato come ampliamento del lavoro presentato alla 16ª Conferenza Nazionale ASITA del 2012 (www.asita.it). Lo scritto è il risultato della stretta collaborazione tra gli autori sotto la supervisione del Prof. Giorgio Paolo Maria Vassena. Si desidera, comunque, precisare che Raffaela Gabriella Rizzo ha steso i paragrafi 1 e 6, Luca Simone Rizzo i paragrafi 2 e 3.1.

* Università degli Studi di Brescia, Dip. di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e Matematica;

** Università degli Studi di Padova, Centro interdipartimentale di Ricerca e Servizi "Giorgio Lago";

*** Università degli Studi di Torino, Dip. di Produzioni Animali, Epidemiologia ed Ecologia.

*floods, for instance) are becoming more frequent. The paper aims at describing a first attempt to apply a high resolution dataset web sharing tool (using LiDAR data) to case study areas located in the Veneto region. Such areas are characterized by a high hydrogeological risk and by territorial instability. Our research suggests a new way of managing 3D data (point clouds, mesh..) as well as of transmitting and visualizing them via internet. Such a technology represents a flexible tool allowing to rapidly support decisions and store/consult ex-post data obtained in crucial phases of the phenomena studied.*

*Our research provides a general and enabling methodology for a rapid integration of 3D surveys of areas involved in disasters (in our case the one hit by the autumn 2010 floods caused by the Torrenti Tramigna, Alpone, Aldegà and Chiampo) and different available layers. The added value of our proposal, gathered from the first tests carried out on the Provinces of Verona and Vicenza, lies in this and in the quick interrogation of data and interactions.*

**Keywords:** *LiDAR, laser scanner, point cloud, streaming, hydrogeological risk, environmental governance, Veneto Region*

## Introduzione

Negli ultimi decenni si sta assistendo ad un intensificarsi dei fenomeni legati a disastri ambientali quali alluvioni, inondazioni (Bogardi, 2010; Llasat, 2010; de Vries, 2011; te Linde, Bubeck *et al*. 2011) indotti dai cambiamenti climatici che comportano la localizzazione di fenomeni meteorologici di eccezionale intensità in aree ristrette. Birkmann evidenzia come nell'ultimo trentennio i costi sia in termini di danni economici che di vite umane abbiano subito un incremento pari a circa sei volte (Birkmann, 2006). Anche te Linde, quasi a sostegno delle stime di Birkmann, sostiene: "storms and floods[1] are the most frequent and costly extreme weather events occurring in Europe, representing 69% of the overall natural catastrophic losses" (te Linde, Bubeck *et al*., 2011, p. 459). Tale tendenza è il portato di varie concause tra le quali il cambiamento climatico globale e il cambiamento nell'uso del suolo con la sua notevole "artificializzazione", argomenti sui quali il dibattito in campo tecnico e scientifico è diventato negli ultimi vent'anni assai più intenso[2]. Ecco allora che *concept* chiave quali *vulnerability*, *risk*[3], *hazard*, *susceptibility*, *resilience* (Shaw e Sharma, 2011), *hazardscape* (De Vries, 2011), *riskscape* (Kahan, Crozier, 2009), *disaster risk reduction* (DRR), *climate change adaption* (CCA), *soil sealing*, *preservation of resources and of soil functions*, *environmental sensitive area* (ESA) (Ndubisi, DeMeo, Ditto, 1995), … rientrano ormai appieno nel corrente linguaggio scientifico internazionale utilizzato da esperti delle discipline più varie quali l'ingegneria, l'idraulica, la geotecnica, la pianificazione urbanistica e, non da ultima, la geografia.

Uno degli effetti in campo tecnologico di tale situazione è l'incremento di interesse nei riguardi delle tecnologie innovative che permettano il rilievo rapido e ad alta risoluzione del territorio. Tale strumento risulta indispensabile nella gestione delle emergenze e dei piani di intervento. In tale

---

[1] Queste ultime sono il punto di partenza di questo contributo.

[2] Si pensi alla creazione di gruppi di lavoro, banche dati ed eventi quali ad esempio: l'*Intergovernamental Panel on Climate Change* (Solomon, Qui, *et al*., 2007), il *Climate Change Expert Group* (CCXG) dell'OECD (http://www.oecd.org/env/cc/climatechangeexpertgroupccxg.htm), la *Commission dell'International Geographical Union* "Hazards and risk" (http://www.bio.mie-u.ac.jp/~haruyama/igu/), la *World Conference on Disaster Reduction* (Kobe – Japan, 2005; http://www.unisdr.org/2005/wcdr/wcrd-index.htm), l'*International Disaster Database* (http://www.emdat.be), etc.

[3] Sui concetti di vulnerabilità e rischio (*hazard e risk*) si rimanda all'interessante panoramica di Birkmann nel capitolo "Measuring vulnerability to promote disaster-resilience societies: conceptual frameworks and definitions", *op. cit*. e agli articoli che compaiono sulle riviste "Disaster prevention and management" e "Global environment change".

scenario le tecnologie LiDAR ricoprono un ruolo importante avendo introdotto un nuovo dato rilevato: la nuvola di punti nello spazio. La caratteristica di tale informazione è l'elevata risoluzione e, di conseguenza, la pesantezza del dato e l'impossibilità (fino ad oggi) di visualizzarlo, interrogarlo e condividerlo in rete. Viene qui introdotto il risultato della sinergia esistente tra l'Università degli Studi di Brescia e la società spin-off Gexcel s.r.l. (Brescia). Essa viene applicata al caso test di seguito esposto che illustra come sia possibile condividere via rete nuvole di punti georeferenziate, *mesh* e modelli digitali del terreno (senza limiti di dimensioni). Inoltre, dimostra come su tali nuvole o superfici si possano visualizzare la cartografia *raster* CTR e/o gli strati informativi provenienti da sistemi informativi geografici, nonché effettuare il calcolo di volumi, distanze e aree. Da ultimo, è di interesse la possibilità di estrarre via rete immagini ortografiche, immagini solide (gestibili in ambiente CAD), piante e sezioni. Viene, infine, presentato un test allo stadio iniziale per la determinazione di aree soggette ad esondazione sulla base delle quote dei livelli ortometrici.

Si tratta, dunque, di un'innovativa modalità di gestione e condivisione delle informazioni nonché di un approccio nuovo di supporto alle decisioni. Utenti vari, connessi via rete, possono interrogare il dato spaziale multirisoluzione e multipiattaforma (Goswami *et. al.*, 2013), effettuare analisi condivise e procedere in remoto allo scarico del dato.

Dopo aver fornito un inquadramento dell'area oggetto di studio (§2) e una spiegazione del perché essa sia oggi un "laboratorio" da studiare, si provvede a descrivere i *dataset* utilizzati (§3). Ci si addentra poi nell'illustrazione del modello di lavoro (§4), cui seguono alcune note conclusive.

## 2. Il bacino idrografico del torrente Alpone tra le provincie di Verona e Vicenza. Un inquadramento geografico

Un territorio esempio di quanto descritto in introduzione è quello della Regione Veneto, come testimoniato dagli eventi alluvionali del 2010 nel Veronese, Vicentino e Padovano (Regione Veneto, 2011). Gli studi degli autori sono inerenti in particolar modo al Veronese orientale/Vicentino occidentale e hanno implicato – e tuttora comportano – una continua raccolta e produzione di dati della più varia natura, nonché l'analisi che ne consegue (Manzoni, Rizzo R.G., 2006; Rizzo L.S, Rizzo R.G., Tizzani, 2012). Data la consistente mole di dati usati e prodotti (cfr. §2.1), ci si sofferma – ai fini di questo scritto – sull'elaborazione di un modello di lavoro che coinvolge il bacino idrografico del Torrente Alpone riferito appunto all'omonimo torrente ed anche ai Torrenti Tramigna, Aldegà e Chiampo (Figura 1).

Accingendosi a descrivere in modo sintetico la trama territoriale che connota tale zona, se ne evince immediatamente la complessità. È un'area caratterizzata – soprattutto nella sua parte meridionale – da un importante nodo idrografico frutto di continui interventi realizzati da oltre 600 anni (Milani, 1939, p.16; Rizzo L.S. *et al*. 2011[4]; Sambugaro, 2012[5]). L'intrico di confluenze rappresentato in Figura 1 è stato, infatti, documentato a più riprese nelle carte storiche (Priori, 1995). In passato, addirittura, il Chiampo aveva un altro andamento e non scorreva verso sud dal Vicentino piegando ad ovest in territorio veronese: fluiva, piuttosto, solo nel primo (territorio vicentino) e presto confluiva nell'Agno

[4] Si fa riferimento alla relazione *Environmental emergencies and territorial governance: hydro-geological risk and the socio-economic consequences of the floods in the eastern part of the Province of Verona, Italy* di Rizzo L.S., Rizzo R.G., Sambugaro G. e Tizzani P. tenuta in occasione del Terzo Congresso EUGEO 2011 "Geography's Stake in Europe: People, Environment, Politics" a Londra (29-31 agosto 2011).

[5] Ci si riferisce alla relazione "L'alluvione tra Soave e Monteforte d'Alpone: un disastro annunciato?" di Gianni Sambugaro tenuta durante l'incontro *1970-2010: rischio idrogeologico e meccanismi di gestione del territorio nell'Est Veronese* svoltosi presso l'Accademia di Agricoltura Scienze e Lettere di Verona il 30 marzo 2012.

(allora indicato come Le Gue)[6]. Non si tratta solo di carte in atlanti o fogli con rappresentazioni relative anche ai corsi d'acqua, o a scale più grandi relative a lavori di intervento idraulico di riparazione resi necessari a causa di fatti metereologici e/o di rischio idrogeologico. Non si tratta nemmeno solo di carte di "normale diversione" idrica per usi agricoli, molto frequenti nella documentazione archivistica riguardante la territorializzazione della società caratterizzante la villa veneta riconosciuta come unità di base agro-capitalista della società terriera durante il periodo veneziano. Ci si riferisce anche a carte militari ad oggi funzionali per una lettura diacronica del territorio che permette di esaminare uno spessore temporale al fine di comprendere meglio i ricorrenti, ed ancora irrisolti[7], problemi legati alla idrologia della zona. Tali cartografie erano dovute a rilevamenti cruciali per la predisposizione di battaglie per continui avanzamenti e retrocessioni di fronti di guerra napoleonici e austriaci che in quest'area hanno definito parti delle sorti delle loro potenze (Priori, *op. cit.* p. 90 e seguenti).

Oggi questo "nodo" viene ad incastrarsi in un punto di "permeabilità europea" continentale est/ovest creatasi alla fine degli anni '90 dopo l'apertura dei flussi di comunicazioni ad est in una altrettanto significativa rete infrastrutturale. La zona d'indagine, infatti, è localizzata lungo il Corridoio Europeo n.5 (Lisbona-Kiev) ed è attraversata dall'autostrada A4 Milano/Venezia, dalla linea ferroviaria Torino/Venezia, dalla SR11 nel tratto Verona-Vicenza, nonché da un dedalo di vie di comunicazione minori regionali, provinciali e locali (Figura 1).

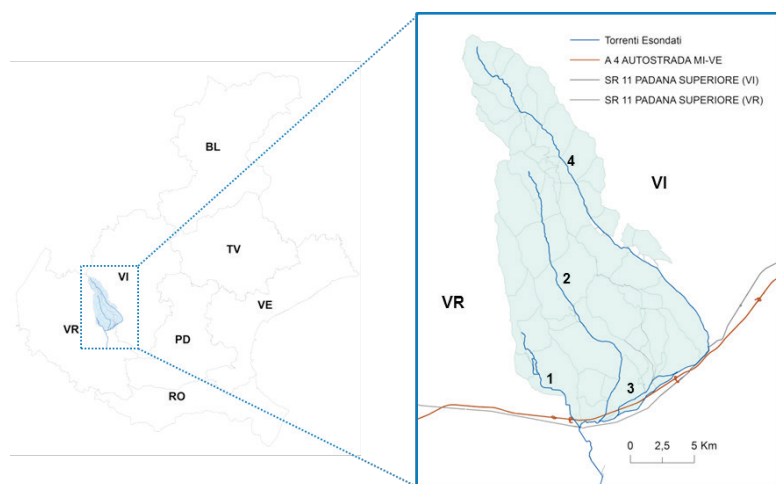



*Fig. 1 – Il bacino del Torrente Alpone (in azzurro nell'immagine di sinistra) a cavallo tra la provincia di Verona e quella di Vicenza. Da ovest ad est si vede come il Torrente Tramigna (1) sia un tributario del Torrente Alpone (2) nel quale confluisce da est il Torrente Chiampo (4) nel quale, a sua volta, si immette il Torrente Aldegà (3). A nord il bacino del Torrente Alpone inizia sui Monti Lessini e fa parte del loro settore terminale dove questo si risolve in una zona collinare frastagliata in più valli a ventaglio (o quasi parallele) che si attestano nell'alta pianura facendo convergere i torrenti uno nell'altro. A sud il bacino è coinvolto dalla viabilità principale (A4 Milano-Venezia e SR11 Verona-Vicenza)*
*Fonte: elaborazione di R.G. Rizzo, 2013.*

---

[6] Si veda in: Priori *Carte Nouvelle du Territoire de Vicenza*, p. 89.

[7] Cfr. l'articolo dal titolo "Case e strade allagate torna l'incubo alluvione. "È una vergogna"" del 8 maggio 2013 nel quotidiano L'Arena e gli altri articoli dei giorni successivi. Mentre si sta ultimando la revisione di questo scritto i corsi d'acqua sono ingrossati e si sono verificate nuove esondazioni (16-17 maggio 2013).

Mezzi pesanti provenienti da tutti i Paesi dell'Europea orientale transitano nella arterie maggiori e minori dislocate nell'area oggetto di studio. Sono diretti ai Balcani e impegnati in percorsi di sola andata o di andata e ritorno. Spesso proseguono oltre gli Urali, diretti in Asia Minore o nel Middle East, attraversando il Bosforo. Oggetto del trasporto: merci e unità di carico. Un nodo, dunque, cruciale a scala prettamente locale e regionale per il Veneto, ma significativo anche nella geografia economica nazionale, continentale e extra-continentale. Questo fa sì che il territorio in oggetto diventi per il nostro paese certamente un punto di forza. Un evento difficilmente controllabile da parte dell'uomo lo può, però, trasformare repentinamente in un collo di bottiglia e di conseguenza in una debolezza (Figura 2).

Quest'intreccio di vie di comunicazione si innesta in uno scenario paesaggistico di pregio, in particolare nei territori a nord della fascia della SR11 Verona-Vicenza (Figura 3).

*Fig. 2 – Lavori di ripristino e rinforzo lungo il Torrente Tramigna all'interno dell'abitato di Soave. Nell'alluvione del 2010 aveva invaso con le sue acque l'edificio sulla sinistra nell'immagine: parte bassa dell'Hotel Roxy. Foto: L.S. Rizzo, 2011.*

*Fig. 3 – L'immagine mostra un classico scenario paesaggistico delle vallate dell'Est veronese caratterizzato dalla monocoltura specializzata a vigneto. In questo caso si tratta di una veduta della piana di Soave nell'omonimo comune. Sullo sfondo la città murata di Soave dominata dal castello con le dorsali degradanti – sempre principalmente a vigneto – dei Lessini. Foto: Rizzo L.S., 2005.*

Lungo tale asse si è sviluppata una sequenza di aree produttive industriali e terziarie con imprese di diversa tipologia. A titolo esemplificativo, si citano qui il distretto termo-meccanico con il Gruppo Ferroli (multinazionale di origine veronese), il settore dolciario da ricorrenza, imprese della grafica, dei forni per panificazione e pasticceria e quelle appartenenti alla filiera del distretto viti-vinicolo, con due realtà di trasformazione con migliaia di soci: il Gruppo Collis e la Cantina di Soave (Rizzo L.S., 2009). Quest'ultimo *cluster* ha dato vita negli anni ad un paesaggio a monocoltura viticola famoso a livello internazionale che si stende nella parte pedecollinare delle dorsali parallele e degradanti dai Monti Lessini, le quali poi si aprono a ventaglio verso la pianura. Tale area è, inoltre, ricca di beni culturali e di *heritage* (anche minore) quali la città murata di Soave, ville venete di pregio, il palazzo vescovile di Monteforte d'Alpone, l'abbazia di Villanova.

## 3. *Dataset* del caso di studio

I dati utilizzati nelle ricerche citate (cfr. §2) e nell'implementazione della metodologia proposta sono multi-sorgente: sono quindi stati prodotti da attività realizzate con strumenti e modalità tecniche da parte di Enti e Istituzioni diverse e/o dagli stessi autori, e assumono contenuti differenti. I dati si presentano dunque in diverse forme, risoluzioni e accuratezze (i.e. con multi-risoluzione). Si ritiene di conseguenza opportuno fornire dettagli tecnici sulle differenti tipologie di *dataset* ed una loro breve descrizione.

### 3.1 *Dataset* territoriali e le Carte Tecniche Regionali della Regione Veneto[8]

Come indicato nel paragrafo 2 gli autori hanno studiato i fenomeni di esondazione che hanno interessato i Torrenti Aldegà, Alpone, Chiampo e Tramigna nell'autunno del 2010 e nella primavera del 2011. L'analisi ha focalizzato in particolare sulle dinamiche relative all'uso/copertura del suolo nelle aree studiate tra il 1984 e il 2011 e sul come esse abbiano contribuito ad aggravare la vulnerabilità di contesti territoriali per l'appunto ad alto rischio idrogeologico. Nel tentativo di far emergere *pattern* e tendenze si sono analizzati vari *dataset*, prestando attenzione a limitare il confronto diretto essendo banche dati caratterizzate da diversa risoluzione e scala: a) il *database* regionale sull'uso del suolo (riclassificato dagli autori a livello 1 e 3 con ricalcolo delle aree); b) la banca dati Corine Land Cover (1990, 2000, 2006)[9]. Implementando una procedura di *overlay* topologico si è stimata la portata del passaggio di classe dei poligoni evidenziando l'accentuarsi sia del modellamento artificiale del suolo (anche e soprattutto in aree a scarsa permeabilità) sia dell'antropizzazione. Si è, inoltre, prodotto uno strato informativo puntuale sugli elementi di *heritage* presenti in tali zone, editandolo sulla CTR *raster* in scala 1:10.000 della Regione Veneto. Questo al fine di classificare i differenti siti in base a criteri distanziometrici/orografici ed effettuare un'analisi del rischio di (potenziali) danni da evento alluvionale (questo è stato fatto sia per i siti *heritage* e sia per le ville venete). Il risultato ha rappresentato un complemento rispetto a quanto sopra descritto, essendo i siti esaminati localizzati per lo più in aree ad alta densità di "costruito".

---

[8] http://www.regione.veneto.it/Ambiente+e+Territorio/Territorio/Sistema+Informativo+Territoriale+e+Cartografia/Accedi+al+GeoPortale.htm. Per i singoli metadati si confronti l'*Infrastruttura dei Dati Territoriali del Veneto – Catalogo dei Dati* (IDT).

[9] Si veda il sito http://www.sinanet.isprambiente.it/it/coperturasuolo per i dettagli tecnici del progetto CLC e dei dati prodotti.

### 3.2 Dati LiDAR e modelli digitali del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Il *dataset* fornito per lo studio dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare[10] è costituito da:

- *Digital Terrain Model* (DTM),
- *Digital Surface Model* (DSM, *first* e *last*)
- nuvole di punti

I dati sono in formato .asc (DTM, DSM) e .xyz (nuvole di punti) secondo il sistema di riferimento GCS-WGS 84. I DTM e DSM presentano una maglia di restituzione di 1m x 1m in quote ortometriche. I dati sono caratterizzati da un'accuratezza altimetrica di ±15 cm e planimetrica di ±30 cm (1s); il livello di confidenza è al 95% (≈2s) ±40 cm.

Nel modello di studio qui descritto si è scelto di utilizzare i dati DTM e LiDAR relativi al bacino veronese e vicentino dei quattro torrenti sopracitati (Figura 1), ad implementazione dei lavori svolti in precedenza dagli autori (Figura 4).

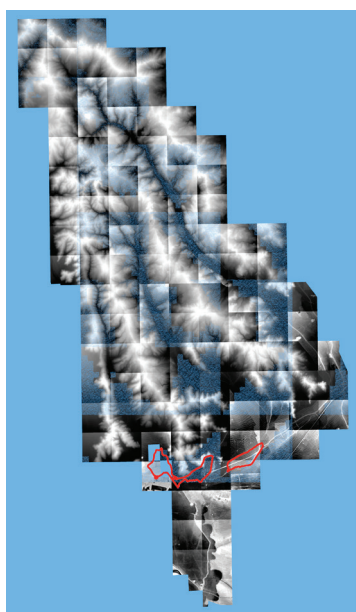



*Fig. 4 – I DTM delle aree comprendenti il bacino idrografico preso a caso di studio. L'immagine mostra la loro sovrapposizione con le aste dei torrenti Tramigna, Alpone, Aldegà e Chiampo (in blu) e con perimetro delle aree esondate durante gli eventi dell'autunno del 2010 nei comuni di Soave, Monteforte d'Alpone e San Bonifacio. Fonte: elaborazione di Chiamone, 2013.*

[10] Nello specifico la Direzione Generale per la Tutela del Territorio e delle Risorse Idriche, Geoportale Nazionale, Piano Straordinario Telerilevamento. Per quanto concerne l'uso del dato per questo specifico studio, i DTM (per motivi di tempo) ci sono stati forniti riprocessati in WGS84 – UTM 32N da Geomatica e Ambiente s.r.l., *spin-off* dell'Università degli Studi di Padova.

## 4. Metodo ed elaborazione dei dati

Come anticipato in precedenza, scopo principale di questa analisi è testare una metodologia innovativa che premette di utilizzare e interrogare grandi moli di dati tridimensionali via rete (Vassena, 2012), avvalendosi di un trattamento dati dedicato.

I *dataset* a disposizione sono dati LiDAR, DTM, DSM, immagini della CTR e dei livelli grafici estratti dallo *shape* file delle zone sotto studio. Essi sono di tipo vettoriale e *raster* con estensioni .shp, .dxf, .tiff, .png, .asc, .aux, .xyz e *datum* diversi. Un primo aspetto critico ha riguardato la necessità di rendere i dati omogenei e interoperabili per poterli gestire con i diversi applicativi, in particolare per ciò che riguarda il sistema cartografico di riferimento. Tale operazione ha richiesto una trasformazione degli *shape* poligonali in polilinee con estensione .dxf (lo strato informativo del bacino idrografico ad esempio) con un passaggio di sistema di riferimento da ROMA/40 OVEST a WGS84-UTM32N. Per tali attività si sono sfruttati, a fasi alterne, gli applicativi ArcGIS Desktop (ESRI), AutoCAD e AutoCAD Map 3D.

Il trattamento delle nuvole di punti LiDAR ha richiesto l'importazione nel *software* JRC 3D Reconstructor, unitamente ai DTM. Le dimensioni dei *file* a nuvola di punti costituiscono un notevole ostacolo alla gestione e rappresentazione delle informazioni geometriche. Da notare che i soli dati LiDAR, DTM e DSM hanno complessivamente un volume di circa 80 GB.

L'integrazione dei modelli tridimensionali con i prodotti derivati dai vari livelli informativi ha comportato l'importazione nello stesso ambiente dei *dataset* regionali e di quelli creati *ad hoc* dagli autori sugli eventi alluvionali e sul *heritage* sopra citati, relativi alle aree soggette a dissesto idrogeologico.

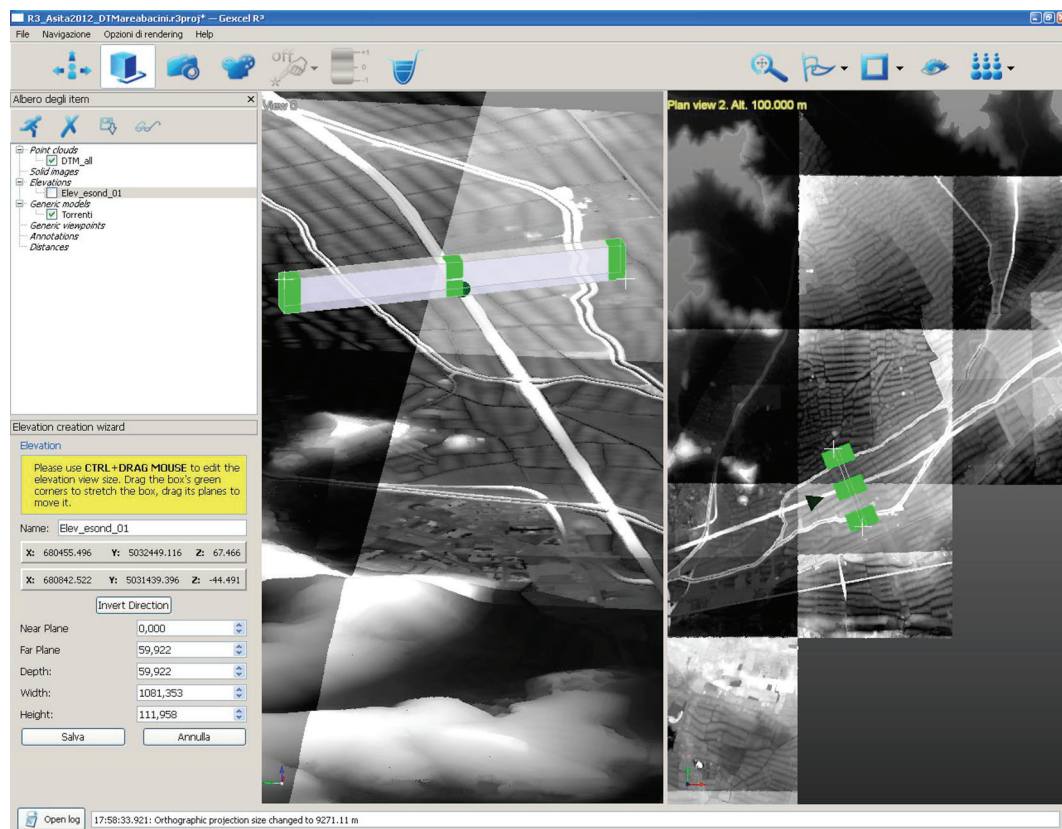
Le nuvole di punti possono essere "colorate" mediante immagini digitali, in modo che ogni punto appartenente alla nuvola assuma la colorazione della porzione di immagine corrispondente (ad esempio, le fotografie di un'area). Procedimento analogo può essere applicato alle *mesh* derivate dal modello digitale del terreno, ottenendo in tale modo una rappresentazione continua e sfruttando le immagini a disposizione nella loro piena risoluzione. Nel progetto, alle nuvole sono state sovrapposte le polilinee in formato CAD (.dxf). Le polilinee sono state importate direttamente in JRC 3D Reconstructor e, grazie alla conservazione delle informazioni geografiche, sono state istantaneamente unite al modello digitale del terreno e ai dati LiDAR. Una metodologia differente è stata, invece, adottata per i livelli informativi disponibili in formato immagine (.png, .bmp, .jpg): in questo caso è risultata necessaria un'operazione di proiezione delle stesse su *mesh* create dalle nuvole di punti. Completate queste fasi è stato possibile esportare gli *output* delle elaborazioni precedenti all'interno del *software* "gexcel $R^3$".

## 5. Visualizzazione e gestione dati ad alta risoluzione in remoto

L'importanza dell'impiego di uno strumento in grado di gestire agevolmente tali entità assume ancora maggior rilievo considerando la necessità di gestire dati di diversa origine e struttura, quali *mesh*, modelli digitali del terreno, nuvole di punti (in diversi formati tra cui .e57, .asc, .txt ed estensioni di case produttrici di strumenti *laser*), immagini provenienti da *shape* file, file in formato .dxf, ecc... .

Il *software* "gexcel $R^3$" è basato sulla tecnologia Gexcel Xtream in grado di visualizzare, navigare e interrogare nuvole di punti senza limite teorico di dimensioni. La più recente versione di questo applicativo permette, inoltre, di condividere via rete il dato, costituito da nuvole di punti, *mesh*, ma anche da immagini e file vettoriali in formato .dxf.

Durante la navigazione nel modello tridimensionale si ha la possibilità di creare, sulla base di adeguate viste dello stesso, opportune *solid image* o *depht image* (immagini interrogabili nelle tre dimensioni) o ortofoto, entrambi esportabili sotto forma di immagini bidimensionali, ad esempio in

ambienti CAD. Attraverso tale strumento è possibile effettuare misure di distanze all'interno delle nuvole ed estrarre sezioni di porzioni delle stesse. Questa applicazione è utile, ad esempio, nello studio della geometria di un bacino idrografico, permettendo infatti una rapida individuazione delle tratte a rischio, con riferimento alle quote stesse. In Figura 5a è illustrata la modalità di estrazione della sezione all'interno del modello. In Figura 5b è riprodotta, tramite ortofoto, una sezione verticale di una porzione di area interessata dall'alluvione del 2010, comprendente gli alvei dei torrenti Aldegà e Chiampo, nonché il rilevato dell'autostrada A4 che intercorre tra i due.

*(a)*

*(b)*

*Fig. 5 – Esempio di sezione verticale dell'area interessata dall'esondazione:*
*(a) realizzazione della sezione in gexcel R3 e (b) ortofoto della sezione risultante.*
*Fonte: elaborazione di Chiamone, 2013.*

Lo studio di un ambito come quello del dissesto idrogeologico non può prescindere da altre considerazioni di tipo dimensionale. Risulta, quindi, estremamente interessante la possibilità di determinare qualitativamente e quantitativamente la capacità di invaso delle aree potenzialmente soggette ad esondazione. Uno strumento inserito in gexcel $R^3$ permette di confrontare la nuvola di punti con un piano orizzontale variabile dall'utente in termini di quota ortometrica. Quest'ultimo rappresenta il pelo libero dell'acqua. Da tale raffronto si definisce l'area soggetta a copertura delle acque in corrispondenza di una determinata quota del pelo libero, nonché un valore di massima del volume di acqua invasato in quell'area. In Figura 6 viene mostrato un esempio predittivo dell'applicazione nella porzione di bacino in parte interessata dall'esondazione del 2010. In blu viene mostrata la parte di territorio potenzialmente in pericolo di inondazione. Si nota, però, come la mancanza del rilievo di alcuni settori renda impossibile l'indicazione di un valore corretto del volume.

All'interno dello stesso progetto possono essere inserite diverse nuvole di punti provenienti da diverse attività di rilievo effettuate con tecniche e strumenti vari e con risoluzioni differenti. A titolo meramente esemplificativo viene presentata in figura 7 la visualizzazione su singolo *file* di una porzione del modello digitale altimetrico regionale, di un settore della Carta Tecnica Regionale, del rilievo multi-risoluzione (sensori Optech Ilris e Faro Focus3D) di una frana e di una chiesa sovrastante. Si tratta, quindi, di un esempio di visualizzazione in multi sensore, multi piattaforma e multi risoluzione (Ravelli, Clerici *et al.*, 2005; Sgrenzaroli, 2005).

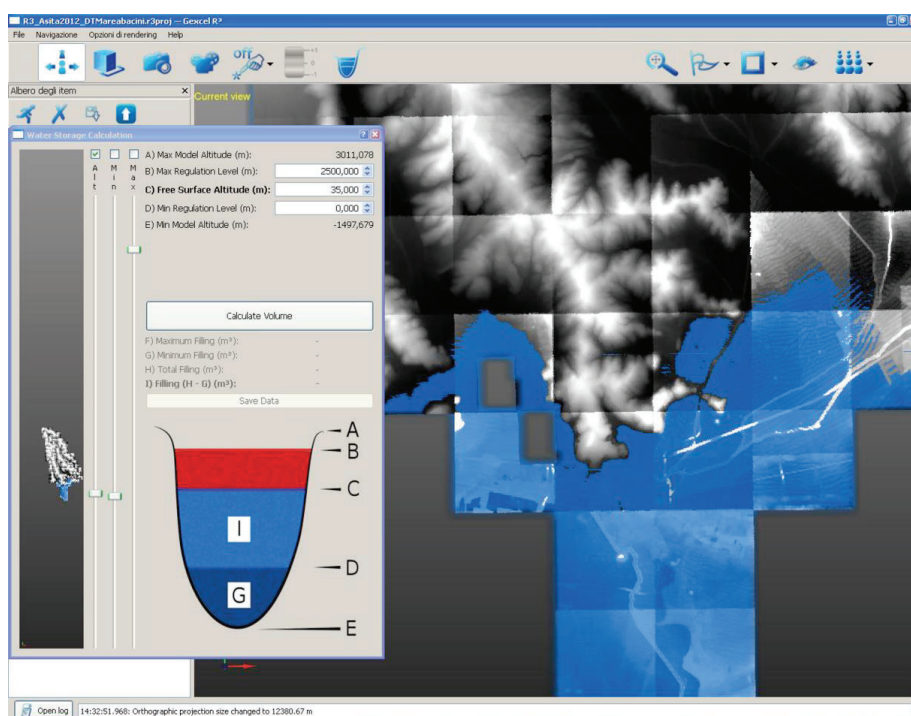



*Fig. 6 – Esempio di calcolo del volume di invaso dell'area a rischio di inondazione. L'immagine mostra in azzurro la zona potenzialmente soggetta a rischio di inondazione nel caso di fuori uscita delle acque dai torrenti. Fonte: elaborazione di Chiamone, 2013.*

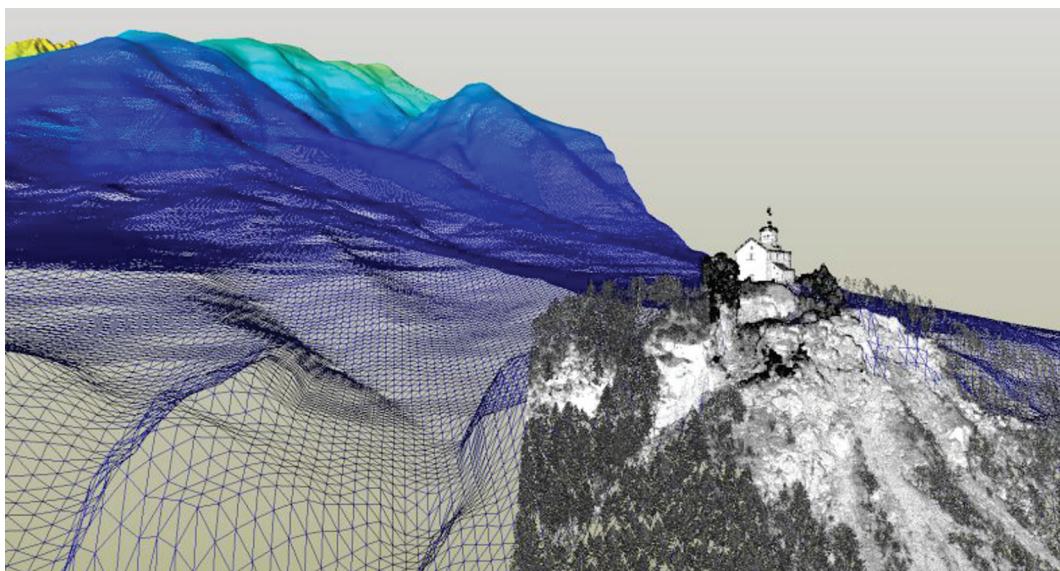



*Fig. 7 – Esempio di visualizzazione in streaming (in ambiente gexcel R3) in multirisoluzione/multisorgente (DTM regionale, frana con sensore TLS a lunga portata (Optech Ilris) e chiesa con sensore alla fase Faro Focus3D). Fonte: elaborazione di Gexcel s.r.l..*

## 6. Conclusioni

La ricerca ha permesso di mostrare le importanti potenzialità di questo approccio innovativo in cui, su una medesima piattaforma server, su un medesimo *file*, vengono visualizzati e interrogati via rete dati e informazioni tridimensionali anche appartenenti a nuvole di punti di densità e "pesantezza" assai elevata. Le reali potenzialità di questa piattaforma *software* andranno ulteriormente sottoposte ad indagine, soprattutto in un'ottica di strumento di supporto alle decisioni.

Il primo approccio qui mostrato dimostra la possibile integrazione tra dato tridimensionale rilevato a nuvola di punti, dato cartografico (DTM e/o DSM) e informazioni provenienti da analisi tramite piattaforme di sistemi informativi geografici e non. Il valore aggiunto già desumibile da questo primo caso *test* risiede nella rapidità di integrazione tra il rilievo 3D dell'area oggetto dell'evento calamitoso e diversi livelli informativi in precedenza implementatati, ottenendo così un'agile piattaforma di supporto alle decisioni condivisibile in rete. Quest'ultimo connotato aumenta la possibilità di interazione tra diversi soggetti decisionali (e/o attuatori) ai quali viene in tal modo fornito uno strumento da un lato di interrogazione e processamento dei dati in "tempo reale" dall'altro di archiviazione, interrogazione e gestione *ex post* dei dati raccolti in fase critica.

L'approccio seguito e al momento permesso dalla tecnologia è quello di consentire la visualizzazione, interrogazione ed estrazione speditiva in rete dell'informazione tridimensionale, non permettendo ancora la condivisione e interrogazione sulla medesima piattaforma dei *metadata* e senza permettere un trattamento dei diversi livelli informativi importati nella piattaforma se non a livelli di visualizzazione delle informazioni tridimensionali.

Attualmente la tecnologia sviluppata offre, dunque, unicamente l'estrazione di informazioni geometriche da grandi moli di informazioni tridimensionali condivise in rete. Il passo successivo, dovuto

al fatto che il motore di gestione delle geometrie 3D è basato su un DB Oracle, sarà quello di poter visualizzare e interrogare i livelli informativi residenti nel sistema informativo.

I primi studi in tal senso stanno andando nella direzione di implementare delle opportune funzioni che permettano con facilità il popolamento di DB informativi e dunque di utilizzare la piattaforma *software* come strumento in rete per estrarre informazioni non solo di natura geometrica.

## Ringraziamenti

Si ringrazia per la disponibilità nella fase di reperimento dei dati LiDAR

- il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione Generale per la Tutela del Territorio e delle Risorse Idriche, Geoportale Nazionale, Piano Straordinario Telerilevamento (dott. Salvatore Costabile);
- la Regione Veneto – Unità di Progetto Sistema Informativo e Cartografia (dott. ing. Maurizio De Gennaro nonché i collaboratori Delio Brentan e Mauro Bettella);
- l'Università di Padova – Geomatica e Ambiente s.r.l.

Si ringraziano, inoltre, Massimo Gelmini, Lorenzo Cavallari, Davide Cantoni, Giorgio Dotti e Massimo Dierna di Gexcel srl per l'esempio di gestione dati in gexcel $R^3$ fornito.

## Bibliografia

BIRKMANN J. (2006) (eds.), Introduction, in ID., Measuring vulnerability to natural hazards. Towards disaster resilient societies, United University Press, Japan, pp. 1-6.

ID., Measuring vulnerability to promote disaster-resilience societies: conceptual frameworks and definitions, in *op. cit*., pp. 9-54.

BOGARDI J., (2010), "Preface – Water resources management: towards a new philosophy", in E. Eulisse (ed.), Changes in water resources management. Vulnerability, risk and water resources preservation, Proceedings of the 4th training course "European sustainable water goals", 7-11 September 2010, Università Ca' Foscari di Venezia, Civiltà dell'Acqua International Center, Venezia, pp. 7-10.

DE VRIES D.H. (2011), Temporal vulnerability in hazardscapes: Flood memory-networks and referentiality along the North Carolina Neuse River (USA), "Global Environmental Change", 21, pp. 154-164.

GOSWAMI P., EROL F., MUKHI R., PAJAROLA R., GOBBETTI E. (2013), An Efficient Multi-resolution Framework for High Quality, "The Visual Computer", 29, 1, pp. 69-83.

KHAN S., CROZIER M.J. (2009), ""Hazardscape": a holistic approach to assess tipping points in humanitarian crises", in Annual Summer Academy on Social Vulnerability: "Tipping Point in Humanitarian Crises", Hohenkammer, Munich, Germany – 26 July – 01 August 2009.

L'ARENA (2013), Case e strade allagate torna l'incubo dell'alluvione. "É una vergogna", 8 maggio 2013.

LLASAT M.C., LLASAT-BOTIJA M., *et al*. (2010), High Impact Floods and flash floods in Mediterranean countries: the FLASH preliminary database, "Advances in Geosciences", 23, pp. 47-55.

MILANI L. (1939), Le piene dei fiumi veneti e i provvedimenti di difesa. L'Agno-Guà-Frassine-Fratta-Gorzone. Il Bacchiglione e il Brenta, Pubblicazioni della Commissione Italiana per lo studio delle grandi calamità, Casa Editrice Felice Le Monnier, Firenze, vol. 8.

MANZONI G., RIZZO R.G. (2006), La rappresentazione cartografica e le sue innovazioni. Il caso della fascia attorno alla ex SS11 ad est di Verona, in C. Robiglio (a cura di), VeronaEST. Le attività economiche e il territorio. ABC Editore, Verona, pp. 87-114.

NDUBISI F., DEMEO T., DITTO N.D. (1995), Environmentally sensitive areas: a template for developing greenway corridors, "Landscape and Urban Planning", 33, pp. 159-177.

PRIORI M. (a cura di), Il territorio veronese attraverso le stampe dal XV al XIX secolo, Associazione Ricercatori e Collezionisti Documenti Storici (San Bonifacio), Alte di Montecchio Maggiore (Vincenza).

REGIONE VENETO (2011), Veneto. La grande alluvione, in http://www.venetoalluvionato.it/index.php/archivio-documenti/100-veneto-la-grande-alluvione

RIZZO L.S. (2009), "Wine cooperatives in the East of the Verona Province. Company consolidation and networking: an update", in R. Fanfani and E. Ricci-Maccarini (a cura di), Proceedings of the VII International Conference "The Role of cooperatives in the European Agro-Food System", AIEA2 – Association Internationale d'Economie Alimentaire et Agro-industrielles, Dept. of Statistics – University of Bologna, 28-30 May 2008, 2009, University Press, Bologna, pp. 281-302.

RIZZO L.S., RIZZO R.G. e TIZZANI P. (2012), Consumo di suolo e cementificazione nel Veneto Occidentale. Emergenze, svantaggi e riflessi sull'assetto del territorio. Un'analisi GIS, Atti della 13a Conferenza Italiana Utenti ESRI, Roma, 18-19 aprile 2012, cfr. http://www.esriitalia.it/eventi/atti-13a-confreenza-italiana.html

RAVELLI M., CLERICI A., GELMINI M., LANZI C., RIVA P., SGRENZAROLI M. e VASSENA G. (2005), A laser scanner approach to model and survey damaged road tunnels, Proceedings of 2nd Italy-Canada Workshop "3D Digital and Modeling – Applications of Heritage, Medicine and Land, Padua, 17th-18th May 2005.

SHWA R.,SHARMA A. (2011) (eds.), Climate and Disaster Resilience in Cities, in Community, Environment and Disaster Risk Management, Emerald, Bingley (UK), vol. 6.

SGRENZAROLI M. (2005), Cultural Heritage 3D Reconstruction Using High Resolution Laser Scanner: New Frontiers Data Processing, CIPA 2005 XX International Symposium, Torino, Italy, 26 September – 01 October, 2005, CIPA-The ICOMOS/ISPRS Committee for Documentation of Cultural Heritage, Torino, 1, pp. 544-549.

SOLOMON S., QUI D., *et al*. (2007), Climate change 2007. The physical science basis, Cambridge University Press, Ney Work.

TE LINDE A.H., BUBECK P., *et al*. (2011), Future flood risk estimates along the river Rhine, "Natural Hazards and Earth Sciences", 11, pp. 459-473.

VASSENA G. (2012), Heritage e governance territoriale: esperienze di rilievo 3D nei processi di tutela e valorizzazione dei beni culturali, "Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia", 144-145-146 (supplemento su CD degli Atti del Convegno "La Cartografia nella valorizzazione dei beni naturali e culturali", Padova, 10-11 maggio 2012), pp. 11-32.

## Sitografia

http://www.oecd.org/env/cc/climatechangeexpertgroupccxg.htm

http://www.bio.mie-u.ac.jp/~haruyama/igu/

http://www.unisdr.org/2005/wcdr/wcrd-index.htm

http://www.emdat.be

http://www.regione.veneto.it/Ambiente+e+Territorio/Territorio/Sistema+Informativo+Territoriale+e+Cartografia/Accedi+al+GeoPortale.htm

http://www.sinanet.isprambiente.it/it/

# Errata Corrige

L'articolo di Emilia Sarno, "Conoscere il Mezzogiorno attraverso gli studi di cartografia storica: il Molise in una bibliografia ragionata (1980-2012) pubblicato sul Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia (pp. 67-78) è da intendersi inserito nella sezione 'articoli referati' in quanto sottoposto a revisione peer review prima della pubblicazione.

# Associazione Italiana di Cartografia

È un'Associazione di esclusivo carattere culturale e ha lo scopo di contribuire allo sviluppo degli studi e delle ricerche nel campo cartografico in Italia, di perfezionare la cultura professionale dei Soci e di dare il proprio apporto all'affermazione italiana all'estero, nel quadro della collaborazione internazionale.

Il Consiglio direttivo dell'Associazione per il quadriennio 2014-2017 è costituito da:

**Presidente**: Giuseppe Scanu
**Vice Presidente**: Andrea Favretto
**Segretaria**: Elena Dai Prà
**Tesoriere**: Giovanni Mauro
**Consiglieri di diritto**:
Direttore dell'Istituto Geografico Militare, Direttore dell'Istituto Idrografico della Marina, Direttore del Centro Informazioni Geotopografiche Aeronautiche, Direttore del Dipartimento del Territorio del Ministero delle Finanze, Direttore del Dipartimento Difesa del Suolo
**Consiglieri eletti**:
Serafino Angelini; Margherita Azzari; Giuseppe Borruso; Giovanni Mauro; Elena Dai Prà; Maria Giovanna Riitano; Paola Zamperlin; Ida Zanetti
**Revisori dei conti**:
Francesca Krasna; Marco Mastronunzio
**Probiviri**:
Fulvio Landi; Sandro Savino

I Soci dell'AIC ricevono il Bollettino e partecipano alle manifestazioni culturali indette dell'Associazione.
Le quote sociali annuali in vigore sono le seguenti:
- Socio ordinario: Euro 40
- Socio collettivo: Euro 100
- Socio giovane: Euro 20

**Modalità di pagamento**:
- Contanti (in occasione delle Assemblee dei soci AIC)
- Bonifico Bancario: Coordinate bancarie:

Banca Popolare di Vicenza – Via Mazzini, 26 – 34121 – Trieste
Associazione Italiana di Cartografia
IBAN: IT 80 V 05728 02200 801570253533
Numero Conto Corrente: 253533
Codice SWIFT: BPVIIT21801

Il codice fiscale dell'AIC è 94000280480.

**Indirizzo Postale, E-mail, Sito Internet**:
Indirizzo postale: Associazione Italiana di Cartografia, c/o Prof.ssa Elena Dai Prà, Dipartimento di Lettere e Filosofia, Università degli Studi di Trento, Via Tommaso Gar, 14 – 38122 Trento.
E-mail: segreteria@aic-cartografia.it.
Sito Internet: http://www.aic-cartografia.it/sito/